

0. INDICE GENERAL



ÍNDICE GENERAL

VOLUMEN I: Índice General, Memoria y Anexos.

0. INDICE GENERAL.....	I
ÍNDICE GENERAL.....	II
INDICE DE TABLAS.....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XVII
1. MEMORIA	I
HOJA DE IDENTIFICACIÓN.....	2
INDICE DE LA MEMORIA.....	3
1.0. INTRODUCCIÓN.....	6
1.0.1. Energías renovables.....	6
1.0.1.1. Diferentes Tipos de Energía Renovable	6
1.0.1.2. Inconvenientes de las energías renovables.	8
1.0.2. Desarrollo de la energía solar térmica en España.....	9
1.0.3. Impacto ambiental.	11
1.0.4. La energía solar térmica.....	13
1.0.4.1. Historia de la energía solar.	13
1.0.4.2. Descripción de energía solar.	16
1.1. OBJETO.....	24
1.2. ALCANCE.	25
1.3. ANTECEDENTES.	26
1.4. NORMAS Y REFERENCIAS.....	27
1.4.1. Normas aplicadas.....	27
1.4.2. Bibliografía.....	27
1.4.3. Programas de cálculo.....	28
1.4.4. Otras referencias.....	28
1.4.4.1. Páginas web:.....	28
1.5. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS.....	29
1.5.1. Definiciones.	29
1.5.1.1. Definiciones utilizadas en el cálculo de las cargas térmicas del edificio.....	29



1.5.1.2. Definiciones en el cálculo de energía necesaria de calefacción y ACS.....	29
1.5.1.3. Definiciones en el cálculo de la energía solar disponible.....	30
1.5.1.4. Definiciones en los cálculos de la instalación solar.....	30
1.5.1.5. Definiciones en el cálculo del vaso de expansión.....	31
1.5.1.6. Definiciones en el cálculo del aislamiento de los conductos.....	32
1.5.1.7. Definiciones en el cálculo de las pérdidas de carga.....	32
1.5.1.8. Definición en el cálculo del periodo de retorno de la instalación solar.....	33
1.5.2. Abreviaturas.....	33
1.6. REQUISITOS DE DISEÑO.....	34
1.6.1. Requisitos generales del proyecto.....	34
1.6.2. Descripción del edificio.....	35
1.6.3. Descripción de los cerramientos del edificio.....	37
1.6.4. Características dimensionales de los locales del edificio.....	40
1.6.5. Necesidades energéticas del edificio.....	41
1.7. ANÁLISIS DE SOLUCIONES.....	43
1.7.1 Componentes de una instalación de calefacción.....	43
1.7.2. Sistemas de calefacción.....	48
1.7.2.1. Condiciones de un sistema de calefacción.....	49
1.7.2.2. Diferentes tipos de sistemas de calefacción.....	50
1.7.2.3. Elección del sistema de calefacción.....	62
1.7.3. Instalaciones de energía solar térmica de baja temperatura.....	67
1.7.3.1. Funciones y requisitos de los acumuladores.....	67
1.7.3.2. Acumuladores de agua caliente sanitaria.....	68
1.7.3.4. Acumuladores de inercia.....	69
1.7.3.5. Sistema de dos acumuladores.....	70
1.7.3.6. Selección del sistema de acumulación.....	71
1.7.4. Colectores solares.....	72
1.7.4.1. Diferentes tipos de colectores.....	72
1.7.4.2. Tipo de colector elegido.....	74
1.7.4.3. Tipo de colector solar plano elegido.....	75
1.7.5.4. Conexión de los captadores.....	76
1.7.5.5. Selección del tipo de conexión.....	79
1.7.5. Vaso de expansión.....	79
1.7.5.1. Vaso de expansión abierto.....	80
1.7.5.2. Vaso de expansión cerrado.....	80
1.7.5.3. Selección del vaso de expansión.....	80



1.7.6. Tipo de bomba.....	81
1.7.6.1. Elección del circulador.....	83
1.7.7. Fluido caloportador.....	83
1.7.7.1. Agua de red.....	84
1.7.7.2. Mezcla agua anticongelante.....	84
1.7.7.3. Líquidos orgánicos.....	85
1.7.7.4. Aceites de silicona.....	85
1.7.7.5. Selección del fluido caloportador.....	85
1.8. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN.....	86
1.8.1. Descripción general de la instalación.....	86
1.8.2. Descripción de la zona 1.....	88
1.8.2.1. Características de los colectores solares.....	89
1.8.2.2. Dimensionamiento de los conductos de la zona 1.....	92
1.8.2.3. Características de la bomba de circulación de la zona 1.....	93
1.8.2.4. Vaso de expansión de la zona 1.....	94
1.8.2.5. Regulación y control de la zona 1.....	94
1.8.2.6. Otros elementos de la zona 1.....	97
1.8.3. Descripción de la zona 2.....	98
1.8.3.1. Depósito acumulador de ACS.....	98
1.8.3.2. Otros elementos de la zona 2.....	100
1.8.4. Descripción de la zona 3.....	100
1.8.4.1. Características de la caldera.....	101
1.8.4.2. Dimensiones de los conductos de la zona 3.....	102
1.8.5. Descripción de la zona 4.....	102
1.8.5.1. Valvulería de la zona 4.....	104
1.8.5.2. Depósitos de Inercia.....	104
1.8.5.3. Dimensiones de los conductos de la zona 4.....	105
1.8.5.4. Características de la bomba de circulación de la zona 4.....	106
1.8.5.5. Regulación y control de la zona 4.....	106
1.8.5.6. Otros elementos de la zona 4.....	107
1.9. PLANIFICACIÓN.....	107
1.9.1. Definición de las tareas.....	108
1.9.2. Diagrama de Gantt.....	109
1.10. CONCLUSIONES.....	110
1.11. AGRADECIMIENTOS.....	110



2. ANEXOS.....	III
INDICE ANEXOS.....	112
2.1 CÁLCULOS.....	114
2.1.1 Cálculo de las cargas térmicas.	114
2.1.1.1. Descripción del programa DpClima.	114
2.1.1.2. Datos introducidos para calcular las cargas térmicas.	121
2.1.1.3. Resultados cargas térmicas, DpClima.	135
2.1.1.4. Resumen resultados cargas térmicas.	164
2.1.2 Cálculo de la energía necesaria para calefacción y ACS.	165
2.1.2.1. Energía necesaria para ACS.	165
2.1.2.2. Energía necesaria para calefacción.	169
2.1.2.3. Energía Total.	169
2.1.3. Cálculo de la radiación solar incidente.	170
2.1.4. Selección del tipo de captador solar plano.....	182
2.1.5. Cálculo de las instalaciones solares.	191
2.1.5.1. Cantidad de anticongelante en el circuito primario.	192
2.1.5.2. Caudal del circuito primario.	196
2.1.5.3. Rendimiento de los colectores.	196
2.1.5.4. Factor captador- intercambiador.....	197
2.1.5.5. Cálculo de la superficie colectora necesaria.	199
2.1.5.6. Pérdidas de carga en los colectores.	202
2.1.5.7. Distancia entre filas de colectores.	203
2.1.6. Cálculo de la potencia de la caldera.	205
2.1.6.1. Selección de la caldera.	206
2.1.7. Cálculo del volumen del depósito de inercia.....	207
2.1.8. Cálculo del depósito de ACS.	208
2.1.9. Cálculo de las pérdidas de carga.	208
2.1.9.1. Método de cálculo.	208
2.1.9.2. Pérdidas de carga del circuito de la zona 1.....	212
2.1.9.3. Pérdidas de carga del circuito de la zona 4.....	218
2.1.10. Cálculo del vaso de expansión.....	227
2.1.10.1. Método de cálculo.	228
2.1.10.2. Vaso de expansión de la zona 1.....	229
2.1.11. Cálculo del aislamiento de los conductos.	232
2.1.12. Calculo de la resistencia estructural de los soportes de los colectores.....	235



2.2 CATALOGOS Y COMPONENTES	237
2.3 TABLAS Y DIAGRAMAS	238
2.3.1 Información utilizada para la descripción de los cerramientos.	238
2.3.2 Información utilizada para los cálculos de cargas térmicas.....	240
2.3.3 Información necesaria para los cálculos de calefacción y ACS.....	242
2.3.4 Información utilizada para los cálculos de la radiación solar incidente.	244
2.3.5. Información utilizada para la selección del colector solar.	245
2.3.6. Información utilizada para los cálculos de la instalación solar.....	246
2.3.7. Información utilizada para el cálculo de las pérdidas de carga.....	248
2.3.8. Información utilizada para el cálculo del vaso de expansión.	250

VOLUMEN II: Planos, Pliego de Condiciones, Estado de Mediciones y Presupuesto.

3. PLANOS.....	252
ÍNDICE DE LOS PLANOS.....	253
Plano nº 1: Situación del Edificio.	254
Plano nº 2: Secciones Interiores del Edificio.	255
Plano nº 3: Planta General, Distribución y Superficies.....	256
Plano nº 4: Primera Planta, Distribución y Superficies.....	257
Plano nº 5: Planta Sótano, Distribución y Superficies.	258
Plano nº 6: Planta General, Cotas.	259
Plano nº 7: Detalle zona Aseos.	260
Plano nº 8: Primera Planta, Cotas.	261
Plano nº 9: Planta Sótano, Cotas.....	262
Plano nº 10: Diagrama de Proceso.....	263
Plano nº 11: Diagramas zona 1 y 2.	264
Plano nº 12: Diagramas zonas 3 y 4.....	265
Plano nº 13: Distribución de tramos de la zona 1.	266
Plano nº 14: Distribución de tramos de la zona 4.	267
Plano nº 15: Vista aérea colocación colectores.....	268
Plano nº 16: Distribución Aerotermos, Planta General.....	269
Plano nº 17: Distribución Aerotermos, Primera Planta.	270
Plano nº 18: Distribución Aerotermos, Planta Sótano.	271
Plano nº 19: Distribución Acumuladores.....	272



4. PLIEGO DE CONDICIONES.....	273
ÍNDICE DEL PLIEGO DE CONDICIONES.....	274
4.1. NORMATIVA	275
4.2. MANTENIMIENTO Y PUESTA EN MARCHA.	276
4.2.1. Mantenimiento de la instalación de energía solar térmica.	276
4.2.1.1. Puesta en marcha.	276
4.2.1.2. Mantenimiento.....	276
4.2.1.3. Seguridad en la instalación solar.	279
4.2.1.3.1. Prevención de la legionela.	281
4.2.1.4. Cambio de temporada en la zona 1.....	281
4.2.2. Medio ambiente.....	284
4.2.3. Mantenimiento de las bombas de circulación.....	285
4.2.3.1. Puestas en marcha.	286
4.2.3.2. Mantenimiento.....	286
4.2.4. Mantenimiento de las unidades terminales (aerotermos).....	287
4.2.5. Mantenimiento del vaso de expansión.....	288
4.2.6. Mantenimiento de las tuberías.....	288
4.2.7. Mantenimiento de las válvulas.....	293
4.2.8. Protección contra el hielo y la falta de circulación de agua.....	293
4.2.9. Regulación y control.	294
4.3. HOJAS DE ESPECIFICACIÓN	295
5. ESTADO DE MEDICIONES.....	324
ÍNDICE DEL ESTADO DE MEDICIONES	324
5.1. RELACION DE PARTIDAS.	326
5.2. ESTADO DE MEDICIONES POR PARTIDAS.....	327
5.2.1. Mediciones de la partida 1: Energía solar.	328
5.2.2. Mediciones de la partida 2: ACS.	329
5.2.3. Mediciones de la partida 3: caldera de gas-oil.....	330
5.2.4. Mediciones de la partida 4: calefacción.	331
6. PRESUPUESTO	334
ÍNDICE DEL PRESUPUESTO	335
6.1. PRECIOS UNITARIOS	336



6.1.1. Precios unitarios de la partida 1: Energía solar.....	336
6.1.2. Precios unitarios de la partida 2: ACS	338
6.1.3. Precios unitarios de la partida 3: caldera de gas-oil.....	339
6.1.4. Precios unitarios de la partida 4: calefacción.....	340
6.2. PRESUPUESTO POR PARTIDAS.....	342
6.2.1. Presupuesto de la partida 1: Energía solar.	342
6.2.2. Presupuesto de la partida 2: ACS.....	344
6.2.3. Presupuesto de la partida 3: caldera de gas-oil	345
6.2.4. Presupuesto de la partida 4: calefacción	346
6.2.5. Resumen de los presupuestos por partidas.....	347
6.3. PRESUPUESTO GENERAL.	347
6.4. SUBENCIONES.	348
6.5. ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA.	348
6.5.1. Periodo de retorno de la instalación.	349



ÍNDICE DE TABLAS

- **Tablas de la memoria.**

Tabla 1.1. Características y materiales del cerramiento: Exterior.....	37
Tabla 1.2. Características y materiales del cerramiento: Resto.....	37
Tabla 1.3. Características y materiales del cerramiento: Baño 1.	37
Tabla 1.4. Características y materiales del cerramiento: Baño 2.	38
Tabla 1.5. Características y materiales del cerramiento: PC4.....	38
Tabla 1.6. Características y materiales del cerramiento: PA5PF2LA20CA15.	38
Tabla 1.7. Características y materiales del cerramiento: PA5BH20EY2.....	38
Tabla 1.8. Características y materiales del cerramiento: LH30EY2.	39
Tabla 1.9. Características y materiales del cerramiento: Puerta Interior.....	39
Tabla 1.10. Características y materiales del cerramiento: Ventana Oficina.....	39
Tabla 1.11. Características y materiales del cerramiento: Ventana Típica.	39
Tabla 1.12. Características de los locales de la planta general.....	40
Tabla 1.13. Características de los locales de la primera planta.	41
Tabla 1.14. Características de los locales de la planta sótano.....	41
Tabla 1.15. Resultado de los cálculos de la potencia de calefacción de la planta general.	41
Tabla 1.16. Resultado de los cálculos de la potencia de calefacción de la planta sótano.	42
Tabla 1.17. Resultado de los cálculos de la potencia de calefacción de la primera planta.	42
Tabla 1.18. Energía total mensual de calefacción y ACS, en MJ/mes.....	42
Tabla 1.19. Características de la calefacción por suelo radiante.....	63
Tabla 1.20. Características de la calefacción por agua caliente mediante emisores.	64
Tabla 1.21. Características de la calefacción por agua caliente mediante emisores de aire caliente.....	65



Tabla 1.22. Características de la calefacción mediante acumuladores eléctricos.	66
Tabla 1.23. Ventajas e inconvenientes de los diferentes tipos de sistemas de acumulación.....	71
Tabla 1.24. Ventajas e inconvenientes de los diferentes tipos de colectores.	75
Tabla 1.25. Características de los colectores solares planos considerados.	76
Tabla 1.26. Nomenglatura de los diferentes elementos que intervienen en la instalación.	88
Tabla 1.27. Listado de elementos de la zona 1.....	88
Tabla 1.28. Características principales del colector Swiss XX-SEL.....	89
Tabla 1.29. Propiedades del fluido caloportador.....	92
Tabla 1.30. Características de los aislamientos de los conductos de la zona 1.	93
Tabla 1.31. Características principales de la bomba ROCA SC-80-H.....	94
Tabla 1.32. Listado de elementos de la zona 2.....	98
Tabla 1.33. Características del depósito de ACS.	99
Tabla 1.34. Listado de elementos de la zona 3.....	101
Tabla 1.35. Características técnicas de la caldera Lidia 35.....	101
Tabla 1.36. Características de los aislamientos de los conductos de la zona 3.	102
Tabla 1.37. Listado de elementos de la zona 4.....	103
Tabla 1.38. Características de los depósitos de inercia utilizados, marca LAPESA.....	105
Tabla 1.39. Características de los aislamientos de los conductos de la zona 4.	105
Tabla 1.40. Características principales de la bomba ROCA PC 1045.	106
Tabla 1.41. Diagrama de Gant del proyecto.....	109

- **Tablas del anexo.**

Tabla 2.1 Zonas y locales tenidos en cuenta para el cálculo.	118
Tabla 2.2. Nivel percentil de los meses de verano e invierno.	121
Tabla 2.3. Temperaturas exteriores orientativas de cálculo.	122



Tabla 2.4. Condiciones exteriores de cálculo del programa.....	123
Tabla 2.5 Condiciones interiores de diseño, temperatura.	124
Tabla 2.6. Descripción del local: Aseos Caballero.	125
Tabla 2.7. Descripción del local: Aseos Señoras.	126
Tabla 2.8. Descripción del local: Taquilla 1.	126
Tabla 2.9. Descripción del local: Taquilla 2.	127
Tabla 2.10. Descripción del local: Conserje.....	127
Tabla 2.11. Descripción del local: Enfermería.....	128
Tabla 2.12. Descripción del local: Vestuarios.....	128
Tabla 2.13. Descripción del local: Vestuarios Monitor.....	129
Tabla 2.14. Descripción del local: Vestuario 1.	129
Tabla 2.15. Descripción del local: Vesturario 2.....	130
Tabla 2.16. Descripción del local: Sala de Juntas.	131
Tabla 2.17. Descripción del local: Oficina 1.....	131
Tabla 2.18. Descripción del local: Oficina 2.....	132
Tabla 2.19. Descripción del local: Oficina 3.....	132
Tabla 2.20. Descripción del local: Oficina 4.....	133
Tabla 2.21. Descripción del local: Gimnasio.	134
Tabla 2.22. Descripción del local: Vesturario 1.....	134
Tabla 2.23. Descripción del local: Vesturario 2.....	135
Tabla 2.24. Resumen resultados cargas térmicas.	164
Tabla 2.25. Temperatura del agua de red en Lleida.	167
Tabla 2.26. Resultados de las cargas mensuales de ACS.....	168
Tabla 2.27. Energía necesaria para calefacción en cada mes.	169
Tabla 2.28. Energía total mensual de calefacción y ACS, en MJ.	170
Tabla 2.29. Día característico de cada mes.	172



Tabla 2.30. Radiación solar e índice de nubulosidad para la ciudad de Lleida.....	173
Tabla 2.31. Número de horas de Sol en cada mes.....	174
Tabla 2.32. Radiación e irradiación solar para una inclinación de $\beta = 15^\circ$	174
Tabla 2.33. Radiación e irradiación solar para una inclinación de $\beta = 20^\circ$	175
Tabla 2.34. Radiación e irradiación solar para una inclinación de $\beta = 25^\circ$	175
Tabla 2.35. Radiación e irradiación solar para una inclinación de $\beta = 30^\circ$	176
Tabla 2.36. Radiación e irradiación solar para una inclinación de $\beta = 35^\circ$	176
Tabla 2.37. Radiación e irradiación solar para una inclinación de $\beta = 40^\circ$	177
Tabla 2.38. Radiación e irradiación solar para una inclinación de $\beta = 45^\circ$	177
Tabla 2.39. Radiación e irradiación solar para una inclinación de $\beta = 50^\circ$	178
Tabla 2.40. Radiación e irradiación solar para una inclinación de $\beta = 55^\circ$	178
Tabla 2.41. Radiación e irradiación solar para una inclinación de $\beta = 60^\circ$	179
Tabla 2.42. Radiación e irradiación solar para una inclinación de $\beta = 65^\circ$	179
Tabla 2.43. Radiación e irradiación solar para una inclinación de $\beta = 70^\circ$	180
Tabla 2.44. Características de los colectores solares planos considerados.	184
Tabla 2.45. Rectas de rendimiento corregidas de algunos colectores.	185
Tabla 2.46. Datos utilizados para calcular el rendimiento de los colectores.....	186
Tabla 2.47. Resultados de los cálculos para el colector Swiss XX-SEL.	186
Tabla 2.48. Resultados de los cálculos para el colector Solahart Mod “M”.....	187
Tabla 2.49. Resultados de los cálculos para el colector Solahart.Oyster.Mo	187
Tabla 2.50. Resultados de los cálculos para el colector Roca PS 2.4.	188
Tabla 2.51. Resultados de los cálculos para el colector Roca PS 2.	188
Tabla 2.52. Resultados de los cálculos para el colector Termicol T 105 S.	189
Tabla 2.53. Resultados de los cálculos para el colector Termicol T 130 S.	189
Tabla 2.54. Resultados de los cálculos para el colector Saunier Duval SDS 8 VE.	190
Tabla 2.55. Características del fluido anticongelante del circuito primario.....	192



Tabla 2.56. Temperaturas mínimas en la ciudad de Fraga.	193
Tabla 2.57. Densidad de las mezclas propilenglicol-agua.	194
Tabla 2.58. Calor específico de las mezclas propilenglicol-agua.	194
Tabla 2.59. Resumen características del fluido caloportador.	196
Tabla 2.60. Rendimiento mensual del colector Swiss XX-SEL.	197
Tabla 2.61. Datos utilizados para el cálculo de la superficie de captación.	200
Tabla 2.62. Área necesaria para abastecer la demanda total de energía.	200
Tabla 2.63. Área necesaria para ACS.	201
Tabla 2.64. Coeficiente de separación ente filas de colectores, según la inclinación.	203
Tabla 2.65. Potencia calorífica en los locales a climatizar del edificio.	205
Tabla 2.66. Energía máxima mensual para ACS en el edificio.	206
Tabla 2.67. Características de la calderas de gasoil existentes analizadas.	207
Tabla 2.68. Valores de L_E de los elementos más usuales.	212
Tabla 2.69. Variables de diseño para el cálculo de las pérdidas de carga de la zona 1.	213
Tabla 2.70. Diámetros comerciales de conductos de cobre tipo M.	213
Tabla 2.71. Pérdidas de carga continuas en la zona 1.	214
Tabla 2.72. Pérdidas de carga singulares en la zona 1.	215
Tabla 2.73. Perdidas de carga en los serpentines.	216
Tabla 2.74. Pérdidas de carga totales, por tramo, de la zona 1.	217
Tabla 2.75. Características de las bombas de circulación existentes analizadas para la zona 1.	218
Tabla 2.76. Propiedades físicas del agua a 1 bar.	219
Tabla 2.77. Variables de diseño para el cálculo de las pérdidas de carga de la zona 4.	219
Tabla 2.78. Cálculo del caudal necesario para cada aerotermo, dependiendo de la potencia térmica a suministrar.	220
Tabla 2.79. Pérdidas de carga continuas en la zona 4.	221



Tabla 2.79. Pérdidas de carga continuas en la zona 4 (continuación).....	222
Tabla 2.80. Pérdidas de carga singulares en la zona 4.	223
Tabla 2.80. Pérdidas de carga singulares en la zona 4 (continuación).....	224
Tabla 2.80. Pérdidas de carga singulares en la zona 4 (continuación).....	225
Tabla 2.81. Pérdidas de carga totales, por tramo, de la zona 4.	225
Tabla 2.81. Pérdidas de carga totales, por tramo, de la zona 4 (continuación).	226
Tabla 2.82. Características de las bombas de circulación analizadas para la zona 4.	227
Tabla 2.83. Volumen expandido por 1 kg de agua según la temperatura.	228
Tabla 2.84. Volumen contenido en un metro lineal de tubería.	229
Tabla 2.85. Volumen total de fluido en la zona 1.	231
Tabla 2.86. Espesores del aislamiento de referencia.....	233
Tabla 2.87. Resultados de la corrección del espesor del aislamiento mínimo.	234
Tabla 2.88. Gama de coquillas del fabricante.	234
Tabla 2.89. Coquillas seleccionadas para cada tramo.	234
Tabla 2.90. Propiedades de los materiales de construcción (1).....	238
Tabla 2.91. Propiedades de los materiales de construcción (2).....	239
Tabla 2.92. Caudales para la renovación del aire.....	240
Tabla 2.93. Temperatura de invierno y verano.	241
Tabla 2.94. Temperatura del agua de red y grados-día.	242
Tabla 2.95 Cargas Térmicas totales máximas mensuales en el edificio.....	243
Tabla 2.96. Radiación solar sobre una superficie horizontal e índice de nubolosidad.....	244
Tabla 2.97. Temperatura ambiente media mensual y grados día.	245
Tabla 2.98. Tabla de las pérdidas en accesorios y válvulas.	248
Tabla 2.99. Dimensiones de los conductos de cobre.....	249
Tabla 2.100. Propiedades del agua a diferentes temperaturas.....	250
Tabla 2.101. Coeficiente de dilatación volumétrica de diversos líquidos.....	250



- **Tablas del pliego de condiciones.**

Tabla 4.1. Hoja de especificaciones del colector solar.....	297
Tabla 4.2. Hoja de especificaciones de la bomba de circulación del circuito primario.	299
Tabla 4.3. Hoja de especificaciones de la centralita de regulación solar.	300
Tabla 4.4. Hoja de especificaciones de la electroválvula de tres vías.....	301
Tabla 4.5. Hoja de especificaciones de la válvula de equilibrado del circuito primario.	302
Tabla 4.6. Hoja de especificaciones del vaso de expansión del circuito primario.	303
Tabla 4.7. Hoja de especificaciones del sensor de radiación solar.....	304
Tabla 4.8. Hoja de especificaciones de la sonda de temperatura del primario.....	305
Tabla 4.9. Hoja de especificaciones de los purgadores automáticos de los colectores solares.	306
Tabla 4.10. Hoja de especificaciones de la caldera de gasoil.....	307
Tabla 4.11. Hoja de especificaciones de los depósitos de inercia.	308
Tabla 4.12. Hoja de especificaciones de las sotas de temperatura de los depósitos.	309
Tabla 4.13. Hoja de especificaciones de los Aerotermos JUNCKER.....	310
Tabla 4.14. Hoja de especificaciones de la bomba de circulación de la zona 4.	312
Tabla 4.15. Hoja de especificaciones del depósito de ACS.	313
Tabla 4.16. Hoja de especificaciones de los conductos de cobre.....	314
Tabla 4.17. Hoja de especificaciones de los manómetros verticales.....	315
Tabla 4.18. Hoja de especificaciones de las válvulas de bola.	316
Tabla 4.19. Hoja de especificaciones de las válvulas de retención.	317
Tabla 4.20. Hoja de especificaciones de las válvulas de seguridad regulables.	318
Tabla 4.21. Hoja de especificaciones de las válvulas reductoras de presión.	319
Tabla 4.22. Hoja de especificaciones de los filtros de partículas sólidas.....	320
Tabla 4.23. Hoja de especificaciones del aislante térmico Isocell para los conductos.....	321
Tabla 4.24. Hoja de especificaciones de las estructuras de soporte para los colectores solares.	322



- **Tablas del presupuesto.**

Tabla 6.1. Litros de gasoil necesarios para satisfacer la energía que suministran los colectores.	351
Tabla 6.2. Parámetros de cálculo del periodo de retorno.	351
Tabla 6.3. Resultados de los cálculos del periodo de retorno de la instalación solar.....	352



ÍNDICE DE FIGURAS

- **Figuras de la memoria.**

Figura 1.1. Evaluación y perspectivas de desarrollo de la EST en España.	10
Figura 1.2. Incendio por Arquímedes de las naves romanas durante el sitio de Siracusa.	14
Figura 1.3. Primer colector cilíndrico-parabólico de Jhon Ericsson, 1883.	15
Figura 1.4. Colector solar de Eneas (1904) visto de perfil.	15
Figura 1.5. Esquema del funcionamiento de una instalación de energía solar activa.	17
Figura 1.6. Esquema de funcionamiento de una instalación de ACS.	18
Figura 1.7. Esquema del sistema de calentamiento de piscinas.	21
Figura 1.8. Fachada Norte del edificio.	35
Figura 1.9. Fachada Sur del edificio.	35
Figura 1.10. Fachada Oeste del edificio.	36
Figura 1.11. Temperatura de base para el cálculo del salto térmico de un radiador.	46
Figura 1.12. Formación de burbujas en las zonas altas de la instalación.	48
Figura 1.13. Distribución del aire por conductos.	57
Figura 1.14. Calefacción eléctrica por convectores.	59
Figura 1.15. Acumulador electroestáticos.	60
Figura 1.16. Acumulador eléctrico dinámico.	61
Figura 1.17. Sistema cerrado de circulación forzada.	67
Figura 1.18. Colector solar plano.	72
Figura 1.19. Colector solar de tubos de vacío.	74
Figura 1.20. Esquema de la conexión en serie de los captadores.	77
Figura 1.21. Esquema de la conexión en paralelo de los colectores.	77
Figura 1.22. Curva característica de una bomba.	81



- **Figuras del anexo.**

Figura 2.1. Datos generales.....	115
Figura 2.2. Condiciones de la ciudad.....	115
Figura 2.3. Definición de zonas dentro del edificio.....	116
Figura 2.4. Pestaña Identificación permite definir las características del local.....	116
Figura 2.5. Pestaña distribuciones ocupantes, luces y otras cargas.....	117
Figura 2.6. Estructuras constructivas definidas ya por el programa.....	119
Figura 2.7. Creación de tipos de cerramiento no existentes en la base de datos del programa.	119
Figura 2.8. Pestaña para definir las características de un muro exterior.....	120
Figura 2.9. Pestaña para definir las características de las ventanas.....	120
Figura 2.10. Mapa de la temperatura del terreno en función de la zona climática.....	123
Figura 2.11. Distribución de ocupantes, de iluminación y de otras cargas en la Planta Principal.	125
Figura 2.12. Distribución de ocupantes, de iluminación y de otras cargas en la Primera Planta.	130
Figura 2.13. Distribución de ocupantes, de iluminación y de otras cargas en la Planta Sotano.	133
Figura 2.14. Mapa de las zonas climáticas en España.....	165
Figura 2.15. Demanda de ACS en diferentes tipos de locales.....	166
Figura 2.16. Contribución solar mínima, en %, para los casos generales.....	168
Figura 2.17. Radiación solar incidente en el periodo invernal con respecto a la inclinación de los colectores.....	180
Figura 2.18. Límite de pérdidas por orientación e inclinación.....	181
Figura 2.19. Cálculo de las pérdidas por orientación e inclinación.....	181
Figura 2.20. Curvas de rendimiento a lo largo del año.....	190
Figura 2.21. Ratio coste/potencia a lo largo del año.....	191



Figura 2.22. Relación de la temperatura de congelación en función del porcentaje de anticongelante.....	193
Figura 2.23. Densidad dinámica de las mezclas agua-propilenglicol según la temperatura.	194
Figura 2.24. Energía necesaria y energía suministrada por los 81 colectores Swiss XX-SEL.	202
Figura 2.25. Pérdidas de carga del colector Swiss XX-SEL.	202
Figura 2.26. Esquema de colocación de los colectores.	204
Figura 2.27. Gráfico de las longitudes equivalentes de algunos elementos.	211
Figura 2.28. Peso específico del propilenglicol en función de la temperatura.....	230
Figura 2.29. Acciones que soporta la estructura de acero.	236
Figura 2.230. Propiedades de las mezclas acuosas de propilegnicol.	246
Figura 2.31. Viscosidad dinámica de las mezclas acuosas de propilegniclo.....	247

- **Figuras del pliego de condiciones.**

Figura 4.1. Frecuencia (en meses) de las operaciones de mantenimiento.....	279
--	-----

- **Figuras del presupuesto.**

Figura 6.1. Resultados del periodo de retorno de la instalación con diferentes marcos económicos.	353
--	-----

1. MEMORIA

HOJA DE IDENTIFICACIÓN

DATOS DEL PROYECTO

TÍTULO: Diseño de la instalación de calefacción y ACS, mediante energía solar térmica, en un polideportivo de Fraga.

DATOS DEL PROMOTOR

Nombre y Apellidos: **Universitat de LLeida, Escola Politecnica Superior**
Dirección: **C. Jaume II, 69**
Telefono: **973 702 700**

DATOS DEL PROYECTISTA

Nombre y Apellidos: **Jorge Blanc Corti**
D.N.I.: **73207367 T**
Dirección: **Plz. España 4 22520 Fraga (Huesca)**
Telefono: **974470760**

Firma de los anteriormente mencionados:

El promotor	El proyectista
Universitat de Lleida	Jorge Blanc Corti

INDICE DE LA MEMORIA

1. MEMORIA.....	1
HOJA DE IDENTIFICACIÓN.....	2
INDICE DE LA MEMORIA.....	3
1.0. INTRODUCCIÓN.....	6
1.0.1. Energías renovables.....	6
1.0.1.1. Diferentes Tipos de Energía Renovable	6
1.0.1.2. Inconvenientes de las energías renovables.	8
1.0.2. Desarrollo de la energía solar térmica en España.....	9
1.0.3. Impacto ambiental.	11
1.0.4. La energía solar térmica.....	13
1.0.4.1. Historia de la energía solar.	13
1.0.4.2. Descripción de energía solar.	16
1.1. OBJETO.....	24
1.2. ALCANCE.	25
1.3. ANTECEDENTES.	26
1.4. NORMAS Y REFERENCIAS.....	27
1.4.1. Normas aplicadas.....	27
1.4.2. Bibliografía.....	27
1.4.3. Programas de cálculo.....	28
1.4.4. Otras referencias.....	28
1.4.4.1. Páginas web:.....	28
1.5. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS.....	29
1.5.1. Definiciones.	29
1.5.1.1. Definiciones utilizadas en el cálculo de las cargas térmicas del edificio.....	29
1.5.1.2. Definiciones en el cálculo de energía necesaria de calefacción y ACS.....	29
1.5.1.3. Definiciones en el cálculo de la energía solar disponible.	30
1.5.1.4. Definiciones en los cálculos de la instalación solar.....	30
1.5.1.5. Definiciones en el cálculo del vaso de expansión.....	31



1.5.1.6. Definiciones en el cálculo del aislamiento de los conductos	32
1.5.1.7. Definiciones en el cálculo de las pérdidas de carga.....	32
1.5.1.8. Definición en el cálculo del periodo de retorno de la instalación solar.	33
1.5.2. Abreviaturas.....	33
1.6. REQUISITOS DE DISEÑO.	34
1.6.1. Requisitos generales del proyecto.....	34
1.6.2. Descripción del edificio.....	35
1.6.3. Descripción de los cerramientos del edificio.....	37
1.6.4. Características dimensionales de los locales del edificio.....	40
1.6.5. Necesidades energéticas del edificio.	41
1.7. ANÁLISIS DE SOLUCIONES.	43
1.7.1 Componentes de una instalación de calefacción.	43
1.7.2. Sistemas de calefacción.....	48
1.7.2.1. Condiciones de un sistema de calefacción.....	49
1.7.2.2. Diferentes tipos de sistemas de calefacción.....	50
1.7.2.3. Elección del sistema de calefacción.	62
1.7.3. Instalaciones de energía solar térmica de baja temperatura.	67
1.7.3.1. Funciones y requisitos de los acumuladores.....	67
1.7.3.2. Acumuladores de agua caliente sanitaria.....	68
1.7.3.4. Acumuladores de inercia.	69
1.7.3.5. Sistema de dos acumuladores.....	70
1.7.3.6. Selección del sistema de acumulación.....	71
1.7.4. Colectores solares.....	72
1.7.4.1. Diferentes tipos de colectores.....	72
1.7.4.2. Tipo de colector elegido.	74
1.7.4.3. Tipo de colector solar plano elegido.....	75
1.7.5.4. Conexión de los captadores.	76
1.7.5.5. Selección del tipo de conexión.	79
1.7.5. Vaso de expansión.....	79
1.7.5.1. Vaso de expansión abierto.....	80
1.7.5.2. Vaso de expansión cerrado.....	80
1.7.5.3. Selección del vaso de expansión.	80
1.7.6. Tipo de bomba.....	81
1.7.6.1. Elección del circulador.	83
1.7.7. Fluido caloportador.....	83
1.7.7.1. Agua de red.	84



1.7.7.2. Mezcla agua anticongelante.	84
1.7.7.3. Líquidos orgánicos.	85
1.7.7.4. Aceites de silicona.	85
1.7.7.5. Selección del fluido caloportador.	85
1.8. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN.	86
1.8.1. Descripción general de la instalación.	86
1.8.2. Descripción de la zona 1.	88
1.8.2.1. Características de los colectores solares.	89
1.8.2.2. Dimensionamiento de los conductos de la zona 1.	92
1.8.2.3. Características de la bomba de circulación de la zona 1.	93
1.8.2.4. Vaso de expansión de la zona 1.	94
1.8.2.5. Regulación y control de la zona 1.	94
1.8.2.6. Otros elementos de la zona 1.	97
1.8.3. Descripción de la zona 2.	98
1.8.3.1. Depósito acumulador de ACS.	98
1.8.3.2. Otros elementos de la zona 2.	100
1.8.4. Descripción de la zona 3.	100
1.8.4.1. Características de la caldera.	101
1.8.4.2. Dimensiones de los conductos de la zona 3.	102
1.8.5. Descripción de la zona 4.	102
1.8.5.1. Valvulería de la zona 4.	104
1.8.5.2. Depósitos de Inercia.	104
1.8.5.3. Dimensiones de los conductos de la zona 4.	105
1.8.5.4. Características de la bomba de circulación de la zona 4.	105
1.8.5.5. Regulación y control de la zona 4.	106
1.8.5.6. Otros elementos de la zona 4.	107
1.9. PLANIFICACIÓN.	108
1.9.1. Definición de las tareas.	108
1.9.2. Diagrama de Gantt.	109
1.10. CONCLUSIONES.	110
1.11. AGRADECIMIENTOS.	110

1.0. INTRODUCCIÓN

1.0.1. Energías renovables

Se denomina energía renovable a la que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables, unas por la inmensa cantidad de energía que contienen, y otras porque son capaces de regenerarse por medios naturales.

Durante los últimos años, debido al incremento del coste de los combustibles fósiles y los problemas medioambientales derivados de su explotación, estamos asistiendo a un renacer de las energías renovables.

1.0.1.1. Diferentes Tipos de Energía Renovable

Existen diferentes métodos para aprovechar esta energía, dependiendo del recurso natural que aprovechen:

Eólica:

Transforman la energía del viento en energía útil.

Los aparatos que se emplean para transformar la energía del viento en energía útil se denominan aerogeneradores. Estos aerogeneradores constan, principalmente de un rotor; encargado de transformar la energía del viento en energía mecánica. Las palas, que se encargan de captar el viento incidente. El multiplicador; que adapta las bajas velocidades de giro del rotor a las necesariamente más altas del generador. El generador; que transforma la energía mecánica procedente del rotor en energía eléctrica.

Cuando hay vientos más fuertes, se hace necesario gastar parte del exceso del viento para evitar daños en el aerogenerador. Por tanto, todos los aerogeneradores están diseñados con algún tipo de control de potencia. La potencia producida por los aerogeneradores depende del área de rotación del rotor y de la velocidad del viento.

Hidráulica:

Aprovechan la energía potencial de un curso de agua, mediante una central hidroeléctrica que la transforma en energía eléctrica.

Como hemos dicho, el aprovechamiento de la energía hidráulica se lleva a cabo en las centrales hidroeléctricas. Una central hidroeléctrica consta de: Embalse; sirve para acumular el agua del

río. Presa; se encarga de retener el agua del embalse. Desde la presa, mediante una tubería forzada, se enlaza el embalse con la sala de máquina. Central hidroeléctrica; en esta instalación se encuentran las turbinas (transforman la energía cinética del agua en energía de rotación), generador-alternador (dispositivo unido a la turbina que convierte la energía de rotación en energía eléctrica) y el transformados (transforma la energía que produce el generador en corriente para poder ser transportada).

Según las potencias instaladas pueden ser:

- Minihidráulica; potencias iguales o inferiores a 10 MW.
- Centrales hidroeléctricas con potencias entre 10MW y 50 MW.
- Centrales hidroeléctricas con potencias superiores a 50 MW.

Solar:

Se aprovecha la radiación solar constante durante todo el año, pero intermitente por culpa del día y la noche. Se necesita un sistema de captación y almacenamiento.

La utilización de la energía solar puede ir encaminada hacia diversos objetivos:

- Energía solar pasiva; aprovecha la energía solar sin elementos mecánicos.
- Energía solar térmica; concentran el efecto térmico de la radiación solar sobre un fluido, para producir calor.
- Energía solar fotovoltaica; se basa en el efecto fotovoltaico que se produce al incidir la luz sobre materiales semiconductores, para producir energía eléctrica.

Geotérmica:

Es la energía que se almacena en el interior de la tierra en forma de calor. Tiene su origen en una serie de reacciones químicas naturales.

El uso que se hace de la energía geotérmica se puede dividir en tres categorías, según la temperatura de los recursos disponibles:

- Alta temperatura (>150°C): Se utiliza principalmente para la producción de energía eléctrica en centrales.
- Media temperatura (50-150°C): Es ideal para una utilización directa del calor almacenado.

- Baja temperatura ($<50^{\circ}\text{C}$): Se utiliza conjuntamente con bombas de calor geotérmicas.

Biomasa:

Se considera como biomasa, el aprovechamiento térmico o eléctrico del conjunto de materia orgánica de origen vegetal o animal (incluyendo los materiales procedentes de su transformación natural o artificial).

La energía de la biomasa corresponde entonces a toda aquella energía que puede obtenerse de ella, bien sea a través de su quema directa o su procesamiento para conseguir otro tipo de combustible.

Los usos de la biomasa en aplicaciones energéticas son principalmente la producción de gas, energía calórica (térmica) y energía eléctrica.

1.0.1.2. Inconvenientes de las energías renovables.

A pesar de que hablamos de que las energías renovables son limpias con el medio ambiente, y se suponen ventajas sobre ellas, también podemos encontrar algún que otro inconveniente en la instalación de las diferentes energías renovables:

Eólica:

- Impactos sobre la fauna y flora.
- Gran impacto visual.
- Emisión de alto grado de ruido debido a la rotación de las palas.
- Crea interferencias en los medios de comunicación cercanos.

Hidráulica:

- Infraestructuras caras de construir debido a sus grandes dimensiones.
- Depende de los factores climáticos (sequías).
- Supone un impacto medioambiental, ya que se inundan valles.

Solar:

- Los paneles fotovoltaicos contienen agentes químicos peligrosos.
- Puede afectara los ecosistemas por la extensión ocupada por los paneles.
- Impacto visual negativo.

Geotérmica:

- Sistema caro, ya que el equipo necesario para realizar las perforaciones en el suelo es muy caro.
- En algunos terrenos, la perforación del terreno puede ser complicado.
- Se necesita un estudio del terreno para determinar su conductividad térmica.

Biomasa:

- La incineración puede resultar peligrosa, al producir la emisión de sustancias tóxicas.
- Se deben extremar las precauciones: utilizar filtros y realizar las combustiones a temperaturas mayores de 900°C.
- No existen demasiados lugares idóneos para su aprovechamiento ventajoso.

1.0.2. Desarrollo de la energía solar térmica en España.

Aunque las aplicaciones prácticas de la EST eran bien conocidas desde hace más de un siglo, el interés general por este tipo de energía se despierta hasta la crisis energética (o, mejor dicho, el fuerte incremento de los precios del petróleo) que comenzó en 1973. A finales de los 70 y comienzos de los 80, se instalaron muchos millares de metros cuadrados de colectores solares en España. Posteriormente, el ritmo de instalación se redujo por la bajada de los precios del petróleo.

A lo largo de los 90, los precios del combustible vuelven a subir, al mismo tiempo que la tecnología de la EST alcanza su plena madurez, con altos niveles de calidad. Sumado esto a un compromiso político cada vez más firme de apoyo a las energías renovables, todo indica que nos encontramos en la fase de despegue definitivo de las instalaciones solares térmicas.

A lo largo del año 2000, se instalaron en España $40.000 m^2$ de paneles solares térmicos, duplicando dicha extensión durante el año 2001. El mayor aumento de superficie solar se ha registrado en la comunidad autónoma de Andalucía.

Durante el año 2001, se instalaron en España más de $50.000 m^2$ de colectores solares térmicos, una cifra superior en un 27% a la nueva superficie de captación del año 2000.

Durante los 3 últimos años se han instalado en España $113.000 m^2$ de paneles solares, un tercio del total de la superficie de captación solar instalada a finales del año 1998.

A pesar del incremento que viene experimentando anualmente, las cifras de nueva superficie instalada son insuficientes para alcanzar los objetivos del Plan de Fomento de Energías Renovable en este ámbito: $4.500.000 m^2$ en el año 2010 (el 33% antes de este año). Las realizaciones de los últimos años suponen algo menos del 8% de los objetivos del Plan, hasta este año, lo que implica hacer un gran esfuerzo en los años que quedan (Figura 1.1).

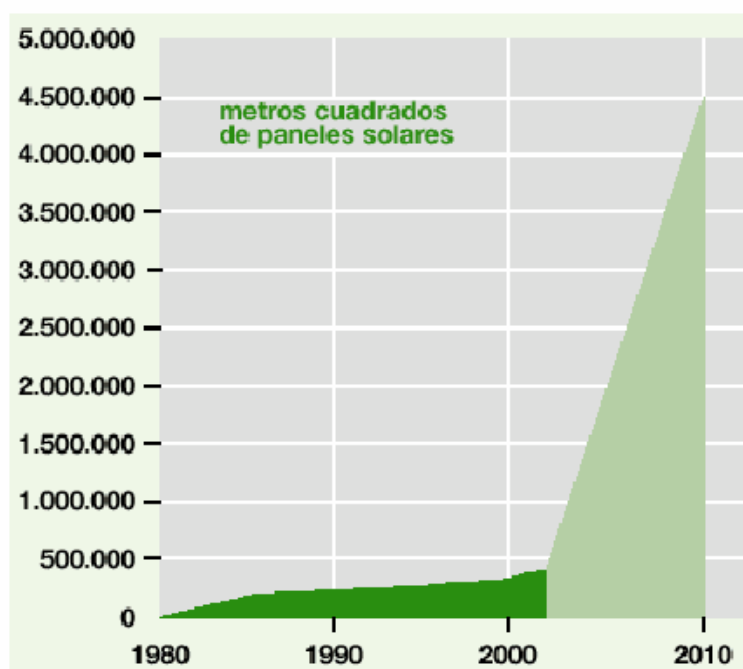


Figura 1.1. Evaluación y perspectivas de desarrollo de la EST en España.

El potencial solar de España es el más elevado de Europa. Sin embargo, el ratio de superficie de captación de energía solar térmica por cada 1.000 habitantes está por debajo de la media

Europea (8,7 frente a 19,9 m^2 /1.000 habitantes de la Europa de los 15). Es previsible que en los años venideros se alcancen ratios al menos similares a los de países como Austria (154,3) o Grecia (196,3).

De esta forma se ha estimado que el incremento de la superficie de captación a instalar en el año 2010 podría alcanzar hasta 4.500.000 m^2 , lo que supone un ratio de 115 m^2 /1.000 habitantes. Para poder lograr este objetivo se necesita un gran esfuerzo de todos los agentes implicados, ya que supone una tasa de crecimiento anual superior a las previsiones para el total de la Unión Europea.

La aplicación más puramente industrial también refleja unas cifras de potencial desarrolladas muy elevadas. En concreto, los sistemas solares industriales de baja y media temperatura pueden llegar a cubrir una parte considerable de la demanda industrial de calor. En los países del sur de Europa, ésta constituye aproximadamente un tercio de la demanda total de energía, mientras que el consumo de calor de proceso en la industria a temperaturas inferiores a 250°C supone alrededor del 7%.

Por consiguiente, la Energía Solar Térmica en la industria puede constituir una contribución importante para un suministro energético fiable, limpio, seguro y rentable basado en fuentes de energía renovable.

Según la normativa vigente y recogida por el PER, en 2010 las energías renovables deben cubrir el 12% del consumo de energía primaria del país, el 29,4% de la generación eléctrica y el 5,75% de las necesidades del transporte.

1.0.3. Impacto ambiental.

En la actualidad existe una gran inquietud y preocupación por intentar frenar el impacto ambiental que en los últimos años, y gracias al desarrollo industrial que ha evolucionado en muchos países europeos, americanos y asiáticos, ha ido creciendo hasta tal punto de alterar el clima de la Tierra.

No obstante, sabemos que a lo largo de los 4.600 millones de años de la historia de la Tierra las fluctuaciones climáticas han sido muy grandes. En algunas épocas el clima ha sido cálido y en otras, frío y, a veces, se ha pasado bruscamente de unas situaciones a otras.

El calentamiento que se está produciendo y observando actualmente en nuestro planeta, puede explicarse gracias al efecto invernadero.

El efecto invernadero se origina porque la energía que llega del sol, al proceder de un cuerpo de muy elevada temperatura, está formada por ondas de frecuencias altas que traspasan la atmósfera con gran facilidad. La energía remitida hacia el exterior, desde la Tierra, al proceder de un cuerpo mucho más frío, está en forma de ondas de frecuencias mas bajas, y es absorbida por los gases con efecto invernadero. Esta retención de la energía hace que la temperatura sea más alta. Podríamos decir, de una forma muy simplificada, que el efecto invernadero lo que hace es provocar que la energía que llega a la Tierra sea “devuelta” más lentamente, por lo que es “mantenida” más tiempo junto a la superficie y así se mantiene la elevación de temperatura. En el último siglo la concentración de anhídrido carbónico y otros gases invernadero en la atmósfera ha ido creciendo constantemente debido a la actividad humana. En los últimos decenios, por el uso masivo de combustibles fósiles como el petróleo, carbón y gas natural, para obtener energía y por los procesos industriales. La concentración media de dióxido de carbono se ha incrementado desde unas 275 ppm antes de la revolución industrial, a 315 ppm cuando se empezaron a usar las primeras estaciones de medida exactas en 1958, hasta 361 ppm en 1996. Por lógica muchos científicos piensan que a mayor concentración de gases con efecto invernadero se producirá mayor aumento en la temperatura en la Tierra. A partir de 1979 los científicos comenzaron a afirmar que un aumento al doble en la concentración del CO₂ en la atmósfera supondría un calentamiento medio de la superficie de la Tierra de entre 1,5 y 4,5 °C.

En la actualidad, los científicos predicen un calentamiento de 1.0 - 3.5 °C para el año 2100, ya que creen que el calentamiento de la Tierra se produciría con retraso respecto al incremento en la concentración de los gases con efecto invernadero.

No es posible predecir con gran seguridad lo que pasaría en los distintos lugares, pero es previsible que los desiertos se hagan más cálidos pero no más húmedos, lo que tendría graves consecuencias en el Oriente Medio y en África donde el agua es escasa. Entre un tercio y la mitad de todos los glaciares del mundo y gran parte de los casquetes polares se fundirían, poniendo en peligro las ciudades y campos situados en los valles que se encuentran por debajo del glaciar. Grandes superficies costeras podrían desaparecer inundadas por las aguas que ascenderían de 0,5 a 2 m., según diferentes estimaciones. Unos 118 millones de personas podrían ver inundados los lugares en los que viven por la subida de las aguas.

Tierras agrícolas se convertirían en desiertos y, en general, se producirían grandes cambios en los ecosistemas terrestres. Estos cambios supondrían una gigantesca convulsión en nuestra sociedad, que en un tiempo relativamente breve tendría que hacer frente a muchas obras de contención del mar, emigraciones de millones de personas, cambios en los cultivos, etc.

Para intentar evitar estos acontecimientos, en 1997 se firmó el denominado *Protocolo de Kyoto*. Con este protocolo se intenta regular las emisiones de CO₂ y otros gases que también son perjudiciales para la capa de ozono y el efecto invernadero. El protocolo fue ratificado por 39 países de todo el mundo. Los objetivos marcados son reducir, entre 2008 y 2012, las emisiones de gases de efecto invernadero a un nivel inferior en no menos de un 5% el de 1990. Esta reducción se podrá realizar de forma individual o en conjunto. Se concederá mayor flexibilidad en los términos y objetivos de los países que están en una transición hacia una economía de mercado. España, que está introducida dentro del conjunto de la Unión Europea, reducirá sus emisiones hasta el 92% del nivel del año 1990.

1.0.4. La energía solar térmica.

1.0.4.1. Historia de la energía solar.

La primera utilización de la energía solar se pierde en la lejanía de los tiempos. No obstante, por algunas tablillas de arcilla halladas en Mesopotamia, se sabe que hacia el año 2000 antes de J.C. las sacerdotisas encendían el fuego sagrado de los altares mediante espejos curvados de oro pulido.

En Egipto, hacia el año 1450 antes de J.C., existían unas estatuas sonoras del faraón Amenhotep III. El sonido producido por estas estatuas era consecuencia del aire caliente en sus enormes pedestales, que eran huecos, y que comunicaban con el exterior por el orificio pequeño.

Arquímedes utilizó espejos cóncavos con los cuales incendió las naves romanas durante el sitio de Siracusa (212 antes de J.C.), ver Figura 1.2.

Enrenfried von Tschimahus (1651-1700), que era miembro de la academia nacional francesa de la ciencia, logró fundir materiales cerámicos mediante la utilización de una lente de 76 cm de diámetro.

George Louis Leclerc (1707-1788), fabricó un horno solar compuesto por 360 espejos con un foco común e hizo una demostración en los jardines del Palacio de Versalles, encendiendo una pila de leña de 60 cm.

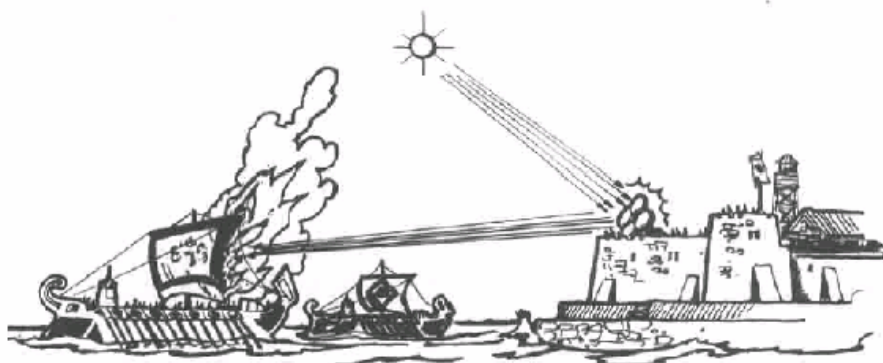


Figura 1.2. Incendio por Arquímedes de las naves romanas durante el sitio de Siracusa.

El primer colector solar plano fue fabricado por el suizo Nicholas de Saussure (1740-1799), y estaba compuesto por una cubierta de vidrio y una placa metálica negra encerrada en una caja con su correspondiente aislamiento térmico. Este colector solar se utilizó para concinar alimentos que se introducían en su interior.

Antoine Lavoiser (1743-1794), celebre químico francés descubridor del oxígeno, experimentó con lentes de 130 cm de diámetro, y fundió el platino, cuyo punto de fusión está en 1760°C.

En 1875, el francés Mouchont realizó un colector cónico de 18,6 m^2 de área de abertura, destinado a la producción de vapor y que fue presentado en París

El primer colector cilíndrico-parabólico fue ideado por el norteamericano Jhon Ericsson en 1883 (Figura 1.3).

A principios del siglo XX, la utilización de la energía solar tuvo especial interés en Estados Unidos, principalmente en California, donde se hicieron algunos trabajos y estudios de colaboración con astrónomos, construyéndose algunos prototipos de grandes dimensiones. El abaratamiento de los combustibles, como consecuencia de la I Guerra Mundial, dio al traste con todos estos trabajos.

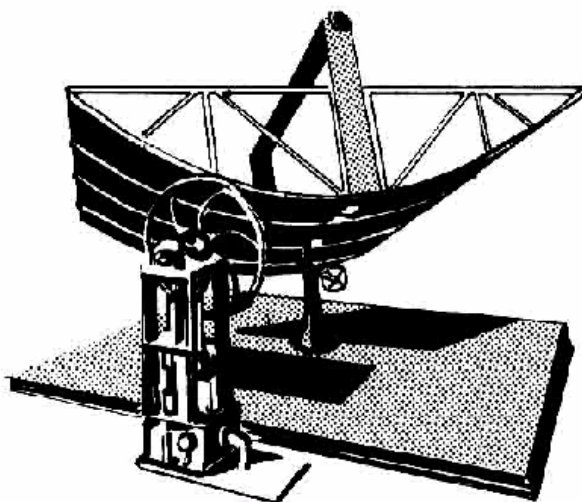


Figura 1.3. Primer colector cilíndrico-parabólico de Jhon Ericsson, 1883.

Un ejemplo de los aludidos fue el colector del portugués Himilaya en San Louis (Missisipi) del año 1904, con un factor de concentración de 2000, destinado a fundir metales, así como un colector cónico realizado por el norteamericano Eneas (Figura 1.4).

En 1913, los también norteamericanos Summan y Boys instalaron, primero en Filadelfia (USA) y luego en Egipto, colectores cilíndricos que producían vapor para el accionamiento mecánico de bombas hidráulicas destinadas a irrigación. El colector de Egipto proporcionaba una potencia de 37 a 45 kW durante un periodo de 5 horas.

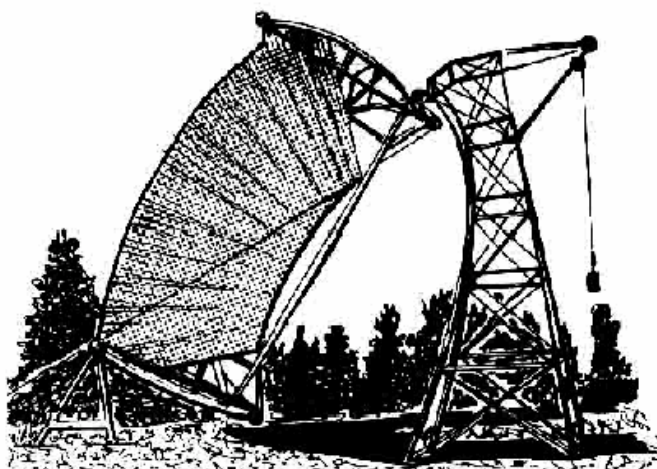


Figura 1.4. Colector solar de Eneas (1904) visto de perfil.

En la década de los años 30 del siglo XX, se popularizaron en Japón equipos de circulación natural para obtener agua caliente sanitaria con una capacidad de almacenamiento de 100 a 200 litros.

Después de la II Guerra Mundial, este tipo de sistemas se extendió también en Israel, pero debido al bajo precio de los combustibles convencionales, el uso de la energía solar quedó relegado a un segundo plano.

El resurgimiento de la energía solar como una disciplina científica se produce en 1953, cuando Farrington Daniels organiza en la universidad de Wisconsin un Simposio Internacional sobre la utilización de la Energía Solar. Como consecuencia de estos simposios se creó la revista “Solar Energy”, de muy alto nivel científico, que edita la Sociedad Internacional de la Energía Solar con sede en Australia, entidad que sucedió a la Asociación para la aplicación de la Energía Solar. En esta misma época (1954), se descubrió la fopila de silicio en los laboratorios de la Bell Telephone, los cuales recibieron por ello un fuerte impulso debido a las inminentes necesidades de fopilas para actividades espaciales.

En la década de los años 60, el excesivo abaratamiento de los combustibles convencionales hizo que se dedicase poca atención al tema de la energía solar, si bien en esta época se construyó el horno solar de Font Romeu (Francia).

1.0.4.2. Descripción de energía solar.

El Sol, fuente de vida y origen de todas las otras fuentes de energía que el ser humano ha utilizado desde los principios de la historia, puede satisfacer todas nuestras necesidades. Durante un año, la energía que desprenderá el Sol sobre la Tierra será cuatro mil veces mayor que la energía que se consumirá por todos los habitantes de la Tierra.

Está claro que la energía que recibimos del Sol es inagotable, por lo que es importante que la sepamos aprovechar de cara al futuro, aunque hay que tener en cuenta que esta energía está sometida a fluctuaciones más o menos bruscas, siendo en los periodos donde más se necesita de esta energía (invierno), cuando disponemos de ella en menor medida. Es importante continuar con el desarrollo de la tecnología de captación, acumulación y distribución de la energía solar, para conseguir las condiciones que la hagan competitiva.

La energía que se recibe del Sol se puede aprovechar de forma activa o pasiva.

El aprovechamiento de forma pasiva es aquella que capta la energía solar, la almacena y la distribuye de forma natural, sin necesidad de ningún elemento mecánico, utilizando procedimientos de ventilación natural. Su funcionamiento está basado en las características y la disposición de los materiales utilizados en la construcción del edificio. Cuando se construye un edificio y se diseña un sistema de aprovechamiento de la energía solar de forma pasiva, se tiene en cuenta la orientación del edificio, colocar elementos de protección (aislamientos, barbacanas, persianas, etc) o la dirección de los vientos dominantes, entre otros factores.

El aprovechamiento de forma activa consiste en aprovechar la energía de la radiación para calentar un fluido. Su funcionamiento se basa en la captación de la energía solar mediante unos captadores, el almacenamiento de esta energía y su posterior distribución (Figura 1.5).

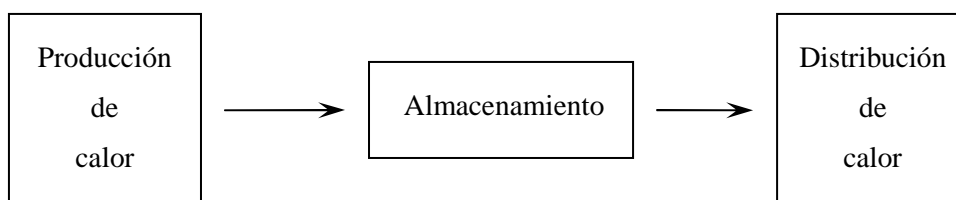


Figura 1.5. Esquema del funcionamiento de una instalación de energía solar activa.

La energía solar activa se puede clasificar en: energía solar activa de baja temperatura; alcanza temperaturas de unos 80°C, la energía solar activa de media temperatura; que puede alcanzar temperaturas hasta 120°C, para ello se emplean captadores solares de vacío o de concentración, y la energía solar activa de alta temperatura; basada en la producción de energía eléctrica, utiliza unos sistemas de concentración de la energía en un solo punto para conseguir temperaturas más altas (2000°C).

La aplicación de la energía solar se centra en la producción de calor o electricidad. El calor se consigue con captadores o colectores térmicos, y la electricidad gracias a los módulos fotovoltaicos. Los dos procesos son muy diferentes entre sí, y no tienen nada que ver ni en lo técnico ni en su aplicación.

Hablemos primero de los sistemas de aprovechamiento térmico. El calor recogido en los colectores puede destinarse a satisfacer numerosas necesidades. Por ejemplo, se puede obtener agua caliente para consumo doméstico o industrial, o bien para dar calefacción a nuestros

hogares, hoteles, colegios, fábricas, etc. Incluso podemos climatizar las piscinas y permitir el baño durante gran parte del año.

También, y aunque pueda parecer extraño, otra de las más prometedoras aplicaciones del calor solar será la refrigeración durante las épocas cálidas .precisamente cuando más soleamiento hay. En efecto, para obtener frío hace falta disponer de una «fuente cálida», la cual puede perfectamente tener su origen en unos colectores solares instalados en el tejado o azotea. En los países árabes ya funcionan acondicionadores de aire que utilizan eficazmente la energía solar.

Centrémonos en las principales aplicaciones de este sistema, que son la producción del ACS, calefacción y el calentamiento de piscinas.

. Agua Caliente Sanitaria.

La producción de agua caliente sanitaria, ACS, es la aplicación más popular de la energía solar térmica, dado su buen rendimiento (Figura 1.6). El tratarse de un consumo continuado a lo largo del año y a una temperatura media (38°C-40°C), la producción de ACS es perfectamente compatible con el aprovechamiento de la radiación solar.

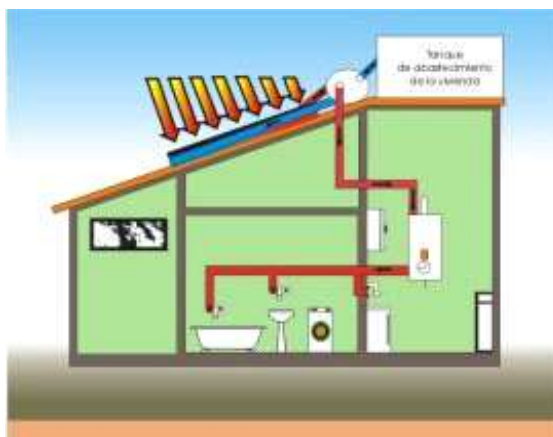


Figura 1.6. Esquema de funcionamiento de una instalación de ACS.

La tecnología más utilizada para este uso es el colector solar plano o captador de placa plano, formado por un absorbedor de tubos, dentro de una caja de cerrada con una cubierta de cristal que produce el efecto invernadero en su interior.

Estos captadores pueden llegar a temperaturas de 70 o 80°C con facilidad, trabajando a temperaturas mayores que las ambientales.

La energía conseguida por los captadores, se puede guardar en acumuladores de agua que luego se suministrara al consumo. Un buen aislamiento del acumulador, así como de los conductos, permite conservar el calor durante la noche, pudiendo utilizar el agua caliente aun sin Sol.

Actualmente, se instalan captadores solares en multitud de aplicaciones: casas unifamiliares, bloques comunitarios, centros deportivos, edificios sanitarios, etc.

. Calefacción

La producción de agua caliente para calefacción se está convirtiendo también en una forma usual de aprovechar la energía del Sol. Pero en este caso, hay que tener en cuenta un factor muy importante: el sistema utilizado para transmitir el calor al ambiente.

A continuación se explica, de menos a más eficientes, sistemas de calefacción.

.Radiadores

Los radiadores son sistemas de calor por radiación que trabajan a altas temperaturas (80°C). Contrario a la energía solar que trabaja a bajas temperaturas (45°C). Por este motivo la calefacción por radiadores es un sistema absolutamente inapropiado para la energía solar térmica.

Pensar en calefacción solar significa trabajar con el sistema de calefacción más adecuado: el suelo radiante como se explica más abajo.

En caso que se quiera aplicar la energía solar en una instalación ya hecha de radiadores, podría conseguirse pero sería una instalación poco viable y compleja.

. Fancoils

Una instalación de calefacción o climatización basada en fancoils está formada por:

- Un equipo capaz de producir agua fría o caliente, según se desee refrigerar o calentar, situado en el exterior de la vivienda o local.
- Ventilconvectores (fancoils), situados en las estancias que se desean climatizar.
- Red de tuberías de agua, encargada de conducir el agua desde el equipo de producción hasta los fancoils.

Al igual que el suelo radiante hecho de trabajar a baja temperatura permite utilizar cualquier fuente de energía para su funcionamiento: gas natural, gasoil, bomba de calor y especialmente energías renovables como la solar, donde su aprovechamiento es óptimo.

. Suelo Radiante

El suelo radiante brinda confort a baja velocidad de aire (1,5 m/s) porque calefacciona por radiación sin levantar polvo ni microorganismos. No seca el aire ni las mucosas nasales, y mantiene los pies calientes mientras respira aire fresco. Por todo esto, es el sistema recomendado por la Organización Mundial de la Salud.

La calefacción por suelo radiante es el sistema que proporciona un mayor nivel de confort dentro de una vivienda o local. Consiste en una red de tuberías enterradas en el suelo por las que circula agua a baja temperatura, normalmente entre 35 y 45 °C, dependiendo del tipo de suelo.

Entre las ventajas de este sistema destacan:

- La distribución de temperaturas que se consigue en la sala, manteniendo una mayor temperatura a nivel del suelo y descendiendo ésta con la altura. De esta manera no se desaprovecha energía calentando innecesariamente la parte alta de la estancia. Esto significa que el suelo radiante también es un sistema muy adecuado para el calentamiento de locales altos.
- El hecho de trabajar a baja temperatura permite utilizar cualquier fuente de energía para su funcionamiento: gas natural, gasoil, bomba de calor y especialmente energías renovables como la solar, donde su aprovechamiento es óptimo.

Cuando se trabaja con energía solar para obtener calefacción, el suelo radiante es óptimo para este fin.

La principal dificultad que presenta tanto el suelo radiante como el suelo frío es que sólo es aplicable en viviendas o locales en construcción o donde se pretenda realizar una reforma importante, ya que las tuberías necesarias para su funcionamiento abarcan todo el suelo de las estancias a calefactar.

. Calentamiento de Piscinas

Calentar agua de las piscinas, ya sean cubiertas como descubiertas, constituye otra interesante aplicación de la energía solar (Figura 1.7).

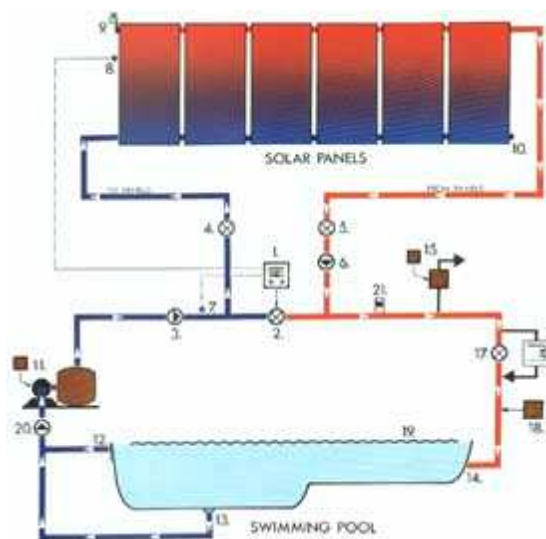


Figura 1.7. Esquema del sistema de calentamiento de piscinas.

La construcción de una piscina constituye una inversión importante. Lamentablemente, el uso de una piscina que no se calienta, está limitada a los días calurosos del año. La climatización por medio de este sistema alarga considerablemente la temporada de utilización de la piscina. Los elevados costos de las energías convencionales, unido a la prohibición de la legislación actual hace particularmente atractivo el uso de la energía solar en este tipo de instalaciones.

El calentamiento de la piscina por medio de este sistema tiene las siguientes ventajas:

- El calentamiento puede obtenerse por medio de un colector solar de bajo coste, sin cubierta de vidrio y sin aislamiento.
- La piscina por si mismo sirve como depósito de almacenamiento de la energía.
- La bomba utilizada para el filtrado de la piscina sirve también para la circulación del agua a través de los paneles solares.

Entre las muchas aplicaciones que existen de la Energía Solar, quizás una de las más rentables y que mejor resueltas están técnicamente, son las instalaciones para el calentamiento de piscinas con colectores planos de polipropileno.

Estos colectores se utilizan principalmente en piscinas descubiertas al aire libre, donde se pretende alargar la temporada de baño y rentabilizar, de este modo, su coste de construcción. Por otra parte la legislación vigente sólo permite el calentamiento de piscinas al aire libre mediante bomba de calor o energía solar.

En los meses de Abril a Octubre, la temperatura ambiente por el día es agradable, la insolación es abundante y, sin embargo, la temperatura del agua de la piscina es baja, necesita más calor, Es suficiente conseguir unos pocos grados a una gran masa de agua. Ello se puede lograr con nuestros colectores de polipropileno para piscinas.

. ¿Por qué apostar por la energía solar?

Son muchas las razones por las que se debe apostar por la introducción de la energía solar como fuente de obtención de energía.

Razones económicas: el actual ritmo de incremento del precio de los combustibles tradicionales hace que la obtención de energía sea cada día más cara. Por tanto, el poder aprovechar la energía solar, que es una fuente gratuita e inagotable, proporciona una amortización de la instalación a corto plazo.

Razones legislativas: nuestro país se está adaptando a las exigencias de la comunidad europea (UE) en materias de energías renovables. Los ayuntamientos ya empiezan a potenciar la implantación de este tipo de energías renovables mediante ordenanzas municipales.

Razones Medioambientales: los sistemas tradicionales de obtención de energía están produciendo grandes alteraciones en la atmósfera a nivel mundial. La energía solar es un sistema limpio y no contaminante que aporta un mayor grado de calidad de vida. No emite CO_2 , no produce residuos ni posibles reacciones en la atmósfera que originen cambios climáticos.

Razones geográficas-climatológicas: la gran cantidad de luz solar existente en nuestro país, junto a la privilegiada climatología, ofrece un marco inmejorable para la implantación de este sistema de energía.

Razones de independencia: el aprovechamiento de la energía solar posibilita la instalación de sistemas térmicos y eléctricos en lugares donde no llega la red energética general. Supone una reducción de la dependencia de los países productores y distribuidores de las actuales fuentes de energía.

1.1. OBJETO.

El objeto del presente proyecto es especificar las condiciones técnicas y económicas de una instalación de calefacción y agua caliente sanitaria (ACS) para un polideportivo situado en el término municipal de Fraga, mediante energía solar térmica.

El edificio donde se pondrá en funcionamiento dicha instalación está ya construido y en uso, por lo que se ha intentado aprovechar al máximo las instalaciones ya existentes de ACS, y adaptar las nuevas a la estructura del edificio.

El presente proyecto se basará en el siguiente orden: ahorro y eficiencia económica, bienestar de sus usuarios y viabilidad económica. El interés por el medio ambiente, junto con el ahorro de energía, han sido factores determinantes para decantarse por una instalación solar como complemento de la instalación ya existente de calefacción y calentamiento de agua.

No es objeto del proyecto diseñar el sistema más económico para satisfacer las necesidades de calefacción y ACS, aunque sería de interés.

1.2. ALCANCE.

El alcance del proyecto incluye el diseño de todas las instalaciones necesarias para el buen funcionamiento del sistema de calefacción y ACS del edificio: instalación del sistema de energía solar, instalación del sistema auxiliar de energía (caldera de gas-oil), instalación del sistema de acumulación necesario e instalación del sistema de calefacción mediante aerotermos.

No se incluye el diseño de la instalación eléctrica, ni los ramales de conexión a los puntos de consumo de agua caliente sanitaria y agua fría sanitaria, ya que estos ya están en uso, tan solo se diseña la conexión desde el sistema solar hasta la conexión con la red.

No están dentro del alcance del proyecto ni los trabajos de ejecución ni la dirección de la obra.

1.3. ANTECEDENTES.

Este recinto está ubicado en el término municipal de Fraga (Huesca), en la explanada del Sotet (camino Masalcoreg), cuya orientación queda descrita y definida en los planos del presente proyecto.

El edificio consta de tres plantas: planta sótano (358,8 m²), primera general (4856,4 m²) y primera planta (144,13 m²). En total, el edificio tiene unos 5360 m² de superficie útil.

El equipo solar que se pretende diseñar se dimensionará teniendo en cuenta unas necesidades energéticas medias para este tipo de edificios, cubriéndose los déficits puntuales, que puedan aparecer en invierno, con un sistema de calefacción convencional (caldera de gasoil). En aquellos periodos en los que existan excedentes de energía, se hará recircular el fluido durante la noche para así conseguir disminuir la cantidad de energía acumulada, tal como se determina en el CTE.

El uso de la energía solar térmica viene motivado por el crecimiento de este sistema, debido al abaratamiento de los componentes del sistema y la reciente normativa que obliga su instalación en los edificios. También se ha tenido en cuenta, a la hora de seleccionar este sistema como solución final, su bajo mantenimiento, lo que en un edificio público es una ventaja a tener en cuenta.

Además, las instalaciones con energía solar producen unos ahorros anuales que amortizan su coste de instalación con un periodo de retorno de unos 15 años.

1.4. NORMAS Y REFERENCIAS.

La instalación solar ha de cumplir las normas y reglamentos que se describen a continuación y la reglamentación vigente durante la realización de las obras.

1.4.1. Normas aplicadas.

- UNE 157001:2002 Criterios generales para la elaboración de proyectos.
- Normas UNE-En ISO de dibujo técnico.
- Reglamento de las Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC).
- Código Técnico de la Edificación (CTE).
- Normas UNE referentes a los cálculos de calefacción, ACS y colectores solares térmicos (UNE 100-001-85 y UNE 100-014-84).
- Normas UNE y UNESCO referentes a los materiales y dispositivos utilizados.
- UNE EN 12975 – 2: 2002 Sistemas solares térmicos y componentes. Captadores solares. Parte 2: Método de ensayo.
- Real decreto legislativo 1.302/1986 del 28 de Junio, sobre evaluación del impacto ambiental (BOE 30-6-86)
- Real decreto del 30 de Septiembre de 1998, Reglamento para la ejecución del Real Decreto Legislativo 1.302/1986, del 28 de Junio, de evaluación de impacto ambiental.

1.4.2. Bibliografía

Cabeza, Lluïsa F., *Producció de l'energia tèrmica*. Ed. Paperkite. Lleida 2004.

Cabeza, Lluïsa F., *Sistemas de fred i climatització*. Ed. Paperkite. Lleida 2003.

Martí Rosas i Casals, *Instalaciones de calefacción*. Ed. UOC.

Franco Martín Sánchez, *Manual de instalaciones de calefacción por agua caliente*. AMV Ediciones.

José Agüera Soriano, *Mecánica de fluidos incompresibles y turbomáquinas hidráulicas*. Ed. Ciencia 3.

De Andres Rodríguez-Pomatta, J.A., *Calefacción y agua caliente sanitaria*. Ed. A. Madrid Vicente, Ediciones Madrid 1991.

Francisco Galdón y Teofilo Calvo, *Curso de instalador de calefacción climatización y agua caliente sanitaria*. Publicaciones CONAIF.

Peuser Felix, A. *Sistemas solares Térmicos. Diseño de instalación*. ProgenSA i Solarpraxis 2005.

1.4.3. Programas de cálculo

DpClima: Cálculo de las cargas térmicas del edificio.

1.4.4. Otras referencias

“Disseny de la instal·lació de climatització i ACS mitjançant energia solar tèrmica per un habitatge unifamiliar de Lleida” PFC de Marc Piquer Coll, 2005.

“Diseny de la instal·lació solar tèrmica per A.C.S i per al recolzament de calefacció, en una casa de Lleida” PFC de Eduard Cuadrat Fondevilla, 2006.

“Proyecto de instalación energía solar para climatización y obtención de agua caliente sanitaria en albergue rural” PFC de Javier Serrano Vazquez, Universitat Rovira i Virgili, 2006.

1.4.4.1. Páginas web:

www.idae.es

www.inm.es

www.fraga.org

www.caloryfrio.com

www.energía.com

www.engineeringtoolbox.com

www.lyondell.com (propiedades de las mezclas de propilenglicol)

1.5. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS.

1.5.1. Definiciones.

A continuación se definen las variables que se han utilizado para realizar el presente proyecto. Estas definiciones se han dividido en las diferentes partes del anejo, para facilitar su consulta.

1.5.1.1. Definiciones utilizadas en el cálculo de las cargas térmicas del edificio.

OMA	°C	Diferencia entre la temperatura máxima de máximas y la mínima de mínimas.
OMD	°C	Media entre la diferencia de la media de temperaturas máximas y la media de temperaturas mínimas de los meses de verano (mayo - septiembre).

1.5.1.2. Definiciones en el cálculo de energía necesaria de calefacción y ACS.

L_{ACS}	MJ / mes	Carga térmica mensual de calentamiento de ACS.
n	-	Estimación de ocupantes del edificio.
N	días	Días de cada mes.
ρ_{H_2O}	Kg / L	Densidad del agua.
Cp_{H_2O}	$J/Kg \text{ } ^\circ C$	Calor específico del agua.
T_{red}	°C	Temperatura del agua de la red de suministro.
L_{CAL}	MJ / mes	Carga térmica mensual de calefacción.
$U \cdot A$	$W/^\circ C$	Área del edificio multiplicada por su coeficiente global de pérdidas.
DD	$^\circ C \cdot día / mes$	Número de los grados día del mes.
Δt	$s / día$	Número de segundos de un día.
L_{TOT}	MJ / mes	Carga térmica mensual total.

1.5.1.3. Definiciones en el cálculo de la energía solar disponible.

β	°	Inclinación de la superficie sobre la que incide la radiación respecto el plano horizontal.
γ	°	Orientación de la superficie objeto de estudio con respecto la orientación norte-sur de la Tierra
φ	°	Latitud geográfica del lugar de estudio.
n	días	Día característico del mes que se considera que recibe la radiación.
δ	°	Declinación solar.
w_s	°	Ángulo de puesta del Sol.
\overline{H}	MJ / m^2	Radiación solar sobre una superficie horizontal.
\overline{H}_T	MJ / m^2	Radiación solar sobre una superficie inclinada un ángulo β .
\overline{H}_d	MJ / m^2	Radiación solar difusa.
\overline{K}_T	-	Índice de nubulosidad.
ρ	-	Reflectancia del Sol.
N_{hc}	hr.	Numero de horas de Sol durante las cuales la radiación solar incide sobre una superficie.
w_c	°	Ángulo horario del momento en el cual los rayos del Sol comienzan a incidir sobre una superficie.
I_s	W / m^2	Irradiación solar media sobre la superficie objeto de estudio.
N_{dm}	días / mes	Número de días de cada mes

1.5.1.4. Definiciones en los cálculos de la instalación solar.

ρ	kg / m^3	Densidad del fluido caloportador del circuito primario.
μ	$Pa \cdot s$	Viscosidad dinámica del fluido caloportador del circuito primario.
ν	m^2 / s	Viscosidad cinemática del fluido caloportador del circuito primario.
f_p^{VOL}	-	Fracción volumétrica de propilegnicol.
ρ_a	kg / m^3	Densidad del agua.
f_p^{MAS}	-	Fracción másica de propilegnicol.
G_{fluido}	$Kg / s \cdot m^2$	Caudal másico de fluido caloportador por unidad de superficie colectora.
C	m^3 / s	Caudal volumétrico del fluido caloportador.

η	-	Rendimiento del colector solar.
T_e	°C	Temperatura del fluido a la entrada del colector solar.
T_a	°C	Temperatura ambiente en el exterior de los colectores.
F'_R / F_R	-	Factor captador-bescambiador.
$F_R \cdot U_L$	-	Factor de ganancia del captador.
$F_R (\tau\alpha)$	$W / ^\circ C \cdot m^2$	Coeficiente global de pérdidas del captador.
$(\dot{m} \cdot C_p)_{\min}$	$W / ^\circ C$	Producto mínimo del caudal másico y la capacidad calorífica de los fluidos circulantes por el primario y secundario.
T_{ref}	°C	Temperatura de referencia.
A_c	m^2	Área de captación de un colector solar.
V	L	Volumen de almacenamiento.
d	m	Distancia entre filas de los colectores.
h	m	Altura neta de los colectores.
Lc	m	Longitud de un colector.
a	°	Ángulo de inclinación de los colectores

1.5.1.5. Definiciones en el cálculo del vaso de expansión.

ΔV	L	Incremento de volumen debido a la expansión térmica de un fluido.
V	L	Volumen de fluido contenido inicialmente en la instalación.
Ce	-	Coeficiente de expansión del agua a una cierta temperatura.
β	°C ⁻¹	Coeficiente de dilatación volumétrico de un fluido.
β_a	°C ⁻¹	Coeficiente de dilatación volumétrica del agua.
β_p	°C ⁻¹	Coeficiente de dilatación volumétrica del propilenglicol.
d_i	m	Diámetro interior de los conductos.
L	m	Longitud de los conductos.
ρ_1	kg/m ³	Densidad del fluido en el punto 1 del diagrama.
ρ_2	kg/m ³	Densidad del fluido en el punto 2 del diagrama.

T_1	°C	Temperatura del fluido en el punto 1 del diagrama.
T_2	°C	Temperatura del fluido en el punto 2 del diagrama.
f_a^{VOL}	-	Fracción volumétrica del agua.
f_p^{VOL}	-	Fracción volumétrica del propilenglicol.

1.5.1.6. Definiciones en el cálculo del aislamiento de los conductos.

e	mm	Espesor mínimo de aislamiento.
e_{ref}	mm	Espesor mínimo de aislamiento de referencia.
d_i	mm	Diámetro interior del conducto.
k	$W / m \cdot ^\circ C$	Conductividad térmica del aislamiento.
k_{ref}	$W / m \cdot ^\circ C$	Conductividad térmica de referencia del aislamiento.

1.5.1.7. Definiciones en el cálculo de las pérdidas de carga.

$H_{rTOTALS}$	mca, mmca	Pérdidas de carga totales en un circuito cerrado.
$H_{rcontinuas}$	mca, mmca	Pérdidas de carga continuas en un circuito cerrado.
$H_{r\sin gulares1}$	mca, mmca	Pérdidas de carga singulares debidas a válvulas, codos, etc.
$H_{r\sin gulares2}$	mca, mmca	Pérdidas de carga singulares debidas a otros elementos.
Re	-	Número de Reynolds.
ρ	kg / m^3	Densidad del fluido caloportador del circuito primario.
μ	$Pa \cdot s$	Viscosidad dinámica.
ν	m^2 / s	Viscosidad cinemática.
v	m/s	Velocidad del fluido dentro del conducto.
d	m, mm, “	Diámetro interior del conducto.
\dot{m}	kg/s	Caudal másico circulando por los conductos.
f	-	Coefficiente de fricción.
ε	mm	Rugosidad del conducto.

L	m	Longitud del conducto.
g	m/s^2	Aceleración de la gravedad.
L_E	m	Longitud equivalente de un accesorio.
L_{SP}	m	Longitud del serpentín del bescambiador.
d_{SP}	m	Diámetro interior del serpentín del bescambiador.
S_B	m^2	Superficie de intercambio del bescambiador.

1.5.1.8. Definición en el cálculo del periodo de retorno de la instalación solar.

M	€/año	Coste del mantenimiento de la instalación.
C	€	Coste de la inversión.
e_d	-	Interés del dinero.
i	-	Valor de la inflación anual.
c	-	Incremento del precio de los combustibles cada año.
t	-	Número de años del cálculo de retorno de la instalación.
A	€	Ahoro en gasoil con la instalación solar.
B	€	Beneficio neto.

1.5.2. Abreviaturas.

ACS: Agua Caliente Sanitaria.

ASHRAE: American Association of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers, Asociación Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Condicionado.

CTE: Código Técnico de la Edificación.

EST: Energía Solar Térmica.

ITC: Instrucción Técnica Complementaria.

ISO: Internacional Standards Organization, Organización Internacional de Estandarización.

IVA: Impuesto sobre el Valor Añadido.

PPM: Partes por millón.

PVC: Policloruro de Vinilo.

RITE: Reglamento de las Instalaciones Térmicas en los Edificios.

TEP: Tonelada Equivalente de Petróleo.

UNE: Una Norma Española.

UV: Radiación Ultravioleta.

1.6. REQUISITOS DE DISEÑO.

En este proyecto se ha diseñado un sistema de calefacción y A.C.S. para un polideportivo de la ciudad de Fraga, cuyo edificio ya está construido. Lo primero que hay que hacer es definir las condiciones de la instalación que se va a proyectar y las características y dimensiones del edificio.

1.6.1. Requisitos generales del proyecto.

Se ha diseñado un sistema de calefacción y ACS adecuado para un edificio deportivo ya construido, garantizando el confort de sus usuarios en el periodo de invernal, que es cuando se necesita de este servicio. El sistema solar diseñado debe proporcionar una parte de la demanda de energía que durante este periodo de demanda. Además, el sistema diseñado debe reducir los gastos que genera el sistema actual, caldera de gasoil, y así conseguir un ahorro susceptible de compensar con la inversión necesaria para la implantación de este sistema.

La instalación cumplirá con todas las normas y leyes vigentes.

1.6.2. Descripción del edificio.

El edificio fue construido en 1993, se trata de un polideportivo destinado a acoger competiciones y actos deportivos, pero también actos sociales como conciertos, ferias, etc.

Se encuentra situado en el camino Masalcoreig, en la explanada del Sotet (ver plano de emplazamiento). En las figuras 1.8 a 1.10 se pueden ver las fachadas del edificio.



Figura 1.8. Fachada Norte del edificio.



Figura 1.9. Fachada Sur del edificio.



Figura 1.10. Fachada Oeste del edificio.

El edificio consta de tres plantas, con una superficie útil total de 5.359,32 m².

Los cimientos del edificio son zapatas y zanja corrida de hormigón armado. Las estructuras verticales son soportes de hormigón armado y muros de carga. Las estructuras horizontales están realizadas con jáceras de hormigón armado realizado in situ. Los forjados son unidireccionales a base de viguetas semirresistentes y bovedillas cerámicas con una capa de compresión.

La cubierta general del polideportivo está hecha con chapa galvanizada de 0.6 mm. La cubierta de la zona de la primera planta, es una cubierta invertida plana no transitable.

El edificio consta de 3 plantas, y la entrada al mismo se realiza a través de la planta general, mediante una serie de 32 puertas metálicas.

1.6.3. Descripción de los cerramientos del edificio.

En este apartado se describe los cerramientos con los cuales se construyó el edificio y que se han hecho servir para los cálculos posteriores.

Los datos sobre los materiales han sido obtenidos de la base de datos del programa dpClima y del CTE (Código Técnico de la Edificación), normativa vigente en la actualidad.

En las tablas 1.1 a 1.11, se muestran las características y materiales empleados en la construcción de los diferentes cerramientos del edificio.

Nombre Cerramiento: Exterior (Muro al Exterior)			
Componentes	Espesos (mm)	Densidad (kg/m³)	Conductividad Térmica (W/°C m²)
Bloque Hormigón	190	1.400	0,58
Poliuretano Proyectado (T1)	20	35	0,024
Ladrillo hueco	140	1.200	0,49
Total	350	434,7	0,62

Tabla 1.1. Características y materiales del cerramiento: Exterior.

Nombre Cerramiento: Resto (Pared a otro local)			
Componentes	Espesos (mm)	Densidad (kg/m³)	Conductividad Térmica (W/°C m²)
Ladrillo Macizo	65	1800	0,87
Enlucido de yeso	40	800	0,3
Total	105	149	2,336

Tabla 1.2. Características y materiales del cerramiento: Resto.

Nombre Cerramiento: Baño 1 (Pared a otro local)			
Componentes	Espesos (mm)	Densidad (kg/m³)	Conductividad Térmica (W/°C m²)
Enlucido de yeso	20	800	0,3
Ladrillo Macizo	65	1800	0,87
Alicatado	25	800	0,3
Total	110	153	2,248

Tabla 1.3. Características y materiales del cerramiento: Baño 1.



Nombre Cerramiento: Baño 2 (Pared a otro local)			
Componentes	Espesos (mm)	Densidad (kg/m ³)	Conductividad Térmica (W/°Cm ²)
Alicatado	25	800	0,3
Ladrillo Macizo	65	1800	0,87
Alicatado	25	800	0,3
Total	115	157	2,167

Tabla 1.4. Características y materiales del cerramiento: Baño 2.

Nombre Cerramiento: PC4 (Techo exterior)			
Componentes	Espesos (mm)	Densidad (kg/m ³)	Conductividad Térmica (W/°C m ²)
Impermeabilizante	10	1100	0,19
Panel Cubierta	40	20	0,037
Chapa metálica	1,5	7500	58
Total	51,5	23,1	0,79

Tabla 1.5. Características y materiales del cerramiento: PC4.

Nombre Cerramiento: PA5PF2LA20CA15 (Suelo al terreno)			
Componentes	Espesos (mm)	Densidad (kg/m ³)	Conductividad Térmica (W/°C m ²)
Pavimento genérico + mortero	50	2000	1,4
Panel PF	20	20	0,03
Losa hormigón armado	200	2400	1,6
Cámara de aire	150		0,16 (m ² C/W)
Total	420	580,6	0,86

Tabla 1.6. Características y materiales del cerramiento: PA5PF2LA20CA15.

Nombre Cerramiento: PA5BH20EY2 (Techo/Suelo otro local)			
Componentes	Espesos (mm)	Densidad (kg/m ³)	Conductividad Térmica (W/°Cm ²)
Pavimento genérico + mortero	50	2000	1,4
Bov. Hormigón 20 arm.	230	1199	1,64
Enlucido de yeso	20	800	0,3
Total	300	391,8	2,37

Tabla 1.7. Características y materiales del cerramiento: PA5BH20EY2.

Nombre Cerramiento: LH30EY2 (Pared al terreno)			
Componentes	Espesos (mm)	Densidad (kg/m³)	Conductividad Térmica (W/°C m²)
Impermeabilizante	10	1100	0,19
Hormigón en masa	300	1600	0,73
Enlucido de yeso	20	800	0,3
Total	330	747	2,4

Tabla 1.8. Características y materiales del cerramiento: LH30EY2.

Nombre Cerramiento: Puerta Interior (Puertas)			
Componentes	Espesos (mm)	Densidad (kg/m³)	Conductividad Térmica (W/°C m²)
Puerta Madera	45	600	0,14

Tabla 1.9. Características y materiales del cerramiento: Puerta Interior.

Nombre Cerramiento: Ventana Oficina (Ventanas)	
Tipo cristal	Doble Tipo Climalit
Espesor	4mm / 8mm (cámara aire) / 4mm
Carpintería	Metálica
Factor solar	0,76
Coef. Transferencia Global	3,9 (W/°Cm ²)
Superficie	0,8 m ²

Tabla 1.10. Características y materiales del cerramiento: Ventana Oficina.

Nombre Cerramiento: Ventana Típica (Ventanas)	
Tipo cristal	Standard
Espesor	4mm
Carpintería	Metálica
Factor solar	0,96
Coef. Transferencia Global	5,8 (W/°Cm ²)
Superficie	Variable (Según local)

Tabla 1.11. Características y materiales del cerramiento: Ventana Típica.

1.6.4. Características dimensionales de los locales del edificio.

En las Tablas 1.12 a 1.14, se muestran las características dimensionales de los locales de cada zona del edificio, así como su uso.

Local	Superficie (m ²)	Altura (m)	Uso
Pistas Polivalentes	3715,56	7,5	Zona destinada a la práctica de deportes (no acondicionado).
Aseos Caballeros	57,22	2,7	Servicio de lavabo y vater.
Aseos Señoras	45,91	2,7	Servicio de lavabo y vater.
Bebidas	12,51	2,7	Almacenamiento de bebidas (no acondicionado).
Taquilla 1	16,44	2,7	Venta de entradas para acontecimientos.
Taquilla 2	16,44	2,7	Venta de entradas para acontecimientos.
Paso 1	197,44	2,7	Entrada al polideportivo (no acondicionado).
Conserje	8,32	2,7	Zona estancia del conserje.
Limpieza	5,7	2,7	Lugar donde se guarda el material de limpieza y maquinaria (no acondicionado).
Luz	5,66	2,7	Ubicación de los contadores y cuadros de control (no acondicionado).
Cuarto de maquinas	20,32	2,7	Ubicación de la caldera y acumuladores (no acondicionado).
Enfermería	20,32	2,7	Sala de curas y botiquín.
Vestuarios (6)	28,27	2,7	Cambio de ropa y ducha para los usuarios
Vestuario monitor (4)	9,72	2,7	Cambio de ropa y ducha para los monitores.
Aseos (2)	2,86	2,7	Servicio de lavabo y vater para monitores.
Vestíbulos (2)	4,62	2,7	Acceso a los vestuarios de los monitores.
Almacenes (2)	2,86	2,7	Almacén para material (no acondicionado).
Paso 2	77,20	2,7	Zona acceso a vestuarios, enfermería, etc (no acondicionado).
Almacén 3	105,0	2,7	Lugar donde se guarda el material deportivo (no acondicionado).
Vestuario 1	22,15	2,7	Vestuario de uso.
Vestuario 2	30,33	2,7	Vestuario de uso.
Paso 3	5,77	2,7	Zona acceso a escenario
Escenario	244,0	5,1	Lugar de actuación en conciertos, actos, etc (no acondicionado).
Almacén escenario	32,80	5,1	Almacén para los conciertos, actos, etc (no acondicionado).

Tabla 1.12. Características de los locales de la planta general.

Local	Superficie (m ²)	Altura (m)	Uso
Sala Juntas	41,30	2,5	Reuniones y conferencias.
Oficina 1	14,84	2,5	Trabajo administrativo.
Oficina 2	18,38	2,5	Trabajo administrativo.
Oficina 3	22,55	2,5	Trabajo administrativo.
Oficina 4	12,18	2,5	Trabajo administrativo.
Paso	34,88	2,5	Acceso a las salas de la planta.

Tabla 1.13. Características de los locales de la primera planta.

Local	Superficie (m ²)	Altura (m)	Uso
Almacén	69,98	2,5	Almacenamiento del material del gimnasio.
Gimnasio	270,0	2,5	Zona destinada a la actividad física.
Vestuario 1	21,80	2,5	Cambio de ropa y ducha de los usuarios del gimnasio.
Vestuario 2	22,0	2,5	Cambio de ropa y ducha de los usuarios del gimnasio.
Paso	36,04	2,5	Acceso al gimnasio.

Tabla 1.14. Características de los locales de la planta sótano.

1.6.5. Necesidades energéticas del edificio.

Las necesidades energéticas del edificio se han calculado en el apartado 2.1.1 del proyecto, mostrándose los resultados obtenidos en las tablas 1.15. a 1.17.

Dependencia	Superficie (m ²)	Carga Calefacción (W)
Aseos Caballeros	57,22	1.805
Aseos Señoras	45,91	1.834
Taquilla 1	16,44	1.417
Taquilla 2	16,44	1.214
Conserje	8,32	712
Enfermería	20,32	1.529
Vestuarios (6)	28,3	1.675
Vestuarios Monitor (4)	9,72	619
Vestuario 1	22,15	1.378
Vestuario 2	30,33	1.691
Planta General	425,91	49.723

Tabla 1.15. Resultado de los cálculos de la potencia de calefacción de la planta general.

Dependencia	Superficie (m ²)	Carga Calefacción (W)
Gimnasio	270	10.600
Vestuario 1	22	855
Vestuario 2	22	954
Planta Sótano	313,8	50.752

Tabla 1.16. Resultado de los cálculos de la potencia de calefacción de la planta sótano.

Dependencia	Superficie (m ²)	Carga Calefacción (W)
Sala Juntas	41,3	2.241
Oficina 1	14,84	605
Oficina 2	18,38	495
Oficina 3	22,55	766
Oficina 4	12,18	165
Primera Planta	109,25	19.268

Tabla 1.17. Resultado de los cálculos de la potencia de calefacción de la primera planta.

Además, en el apartado 2.1.2 del proyecto, se ha calculado la energía consumida cada mes de calefacción y ACS, los resultados se muestran en la Tabla 1.18.

Mes	ACS (MJ)	Calefacción (MJ)	Total (MJ)
Enero	15.571,9	317.096,6	332.668,5
Febrero	13.713,3	289.651,0	303.364,4
Marzo	14.404,0	283.490,4	297.894,4
Abril	13.185,9	195.672,7	208.858,6
Mayo	13.236,1	89.980,8	103.216,9
Junio	12.432,4	0	12.432,4
Julio	12.457,5	0	12.457,5
Agosto	12.846,8	0	12.846,8
Septiembre	12.809,2	0	12.809,2
Octubre	13.625,4	163.888,3	177.513,6
Noviembre	13.939,4	220.923,9	234.863,3
Diciembre	15.571,9	282.566,5	298.138,4
TOTAL	163.793,80	1.843.270,20	2.007.064,00

Tabla 1.18. Energía total mensual de calefacción y ACS, en MJ/mes.

1.7. ANÁLISIS DE SOLUCIONES.

1.7.1 Componentes de una instalación de calefacción.

Una instalación de calefacción cuenta, básicamente con los siguientes componentes:

- a) Caldera de calefacción.

Últimamente, las calderas han evolucionado considerablemente debido, sobretudo, al encarecimiento de los combustibles, hecho que ha obligado a los fabricantes a diseñar calderas con un alto nivel de rendimiento.

La caldera es el componente principal de una instalación de calefacción. En ella, el calor producido al quemarse un combustible se transfiere al fluido contenido en la caldera, que es, normalmente, agua.

La combustión que se genera en una caldera es la reacción que se origina al estar presente un combustible, el oxígeno que contiene el aire y una llama.

El aire que se precisa para la combustión se introduce en la cámara de combustión de manera natural, ya sea mediante el tiro de la chimenea (caldera funcionando con combustible sólido), o tiro forzado, gracias a un ventilador que está incorporado en el quemador mecánico.

El paso de calor de un cuerpo o ambiente a otro se produce cuando entre ambos existe una diferencia de temperatura, dándose un intercambio de calor de la zona más caliente a la más fría.

Esta transferencia de calor tiene lugar por radiación, convección y conducción. A la caldera, la radiación viene protagonizada por la simple acción de la llama, sin estar en contacto con las paredes, la convección viene motivada por el desplazamiento de las moléculas de los gases de combustión en todo el recorrido, y la conducción es ocasionada por la incidencia de la llama sobre la superficie de la cámara de combustión y las del circuito de humos. De aquí, mediante convección, pasa al agua de la caldera.

La caldera, según el combustible a consumir, se califica en:

- Calderas para combustibles sólidos.
- Calderas para combustibles líquidos.
- Calderas eléctricas.

Y conforme al material con el que están construidas:

- Calderas de fundición (formadas por fundición gris).
- Calderas de chapa (fabricadas con chapa de acero).

El elemento más importante de una caldera es el quemador. La finalidad principal de un quemador es mezclar el combustible con el aire y consumir por medio del fuego la mezcla.

Existen dos modelos de quemadores, según el material a quemar:

- Combustibles sólidos.
- Combustibles gaseosos.

El quemador para combustibles sólidos, antes de efectuar la mezcla, han de pulverizar o vaporizar el combustible, de tal manera que la superficie de contacto entre los componentes sea la máxima posible.

Quemador de vaporización; el aceite se enciende en una cubeta donde se vaporiza y el aire de combustión entra a través de unos orificios, por medio de un ventilador.

Quemador de pulverización mecánica; el aceite se lleva al broquel donde se pulveriza en microscópicas gotas, y en gran parte, se vaporiza a causa de las altas temperaturas existentes en la caldera. Estos quemadores son los más utilizados en instalaciones de calefacción con gasoil como combustible.

Quemadores de pulverización por inyección; en estos quemadores, la pulverización se consigue por la acción inyectora de todo o parte del aire de combustión.

Quemadores de pulverización por vapor; en estos, el quemador utiliza vapor de agua para la pulverización del combustible en vez de aire.

Quemadores de pulverización por emulsión; el combustible y parte del aire de combustión se mezclan antes de salir al broquel. El resto de aire de combustión, impulsado por un ventilador de baja presión, entra directamente a la cabecera del quemador.

Quemadores rotativos; el combustible fluye por un eje central hasta un recipiente colocado en la cámara de combustión. La pulverización se consigue gracias a la fuerza centrífuga aplicada al aceite del recipiente.

Los quemadores de combustible gaseoso se ordenan según el combustible a quemar (gas ciudad, gas natural, GLP's), y la presión de alimentación del gas; baja presión, hasta 5 kPa y alta presión, hasta 3000 kPa. El sistema de alimentación de aire puede ser con ventilador o sin él.

b) Depósito de expansión.

Tienen el objetivo de absorber las sobrepresiones del fluido que recorre el circuito, debidas al aumento de volumen que se produce al expandirse por al calentamiento del fluido.

Los vasos de expansión pueden ser del tipo abiertos o cerrados.

La presión del vaso se mide con un manómetro, y con el circuito primario totalmente vacío. La presión de funcionamiento del vaso de expansión, viene determinada por el fabricante y originalmente de fábrica suelen venir cargados con nitrógeno líquido.

El vaso de expansión está formado por dos zonas una en contacto con el circuito primario de calefacción y por tanto llena de agua y una segunda zona llena de aire o nitrógeno en forma de gas (líquido, no) en su caso. Estas zonas están separadas por una membrana, totalmente impermeable. Cuando el agua expansiona, y aumenta de volumen, la membrana cede quitándole espacio al aire y logrando una presión de funcionamiento estable.

El depósito de expansión abierto está colocado en la parte más alta de la instalación y simplemente deja escapar el agua sobrante de la expansión por un sumidero. Está sujeto a mayores incrustaciones calcarías, ya que el agua del circuito de calefacción se ha de ir rellenando constantemente.

c) Elemento emisor de calor.

Los elementos emisores de calor o unidades térmicas más tradicionalmente utilizados, para calderas convencionales de agua caliente, son los radiadores o aerotermos, independientemente de otros focos de calor como los fanc-coils o suelo radiante cuando se aplican bombas de calor u otros generadores a baja temperatura.

Los radiadores tienen el objetivo de poner en comunicación el circuito de agua caliente con el ambiente a calentar, es decir, emiten calor al ambiente aumentando su temperatura. El cuerpo emisor de calor resulta ser un intercambiador entre el fluido caloportador primario, el agua, y el secundario, el aire del ambiente. El agua y el aire pueden circular por entre o sobre la superficie de intercambio térmico por medios naturales o forzados, aunque la mayoría de unidades tienen circulación forzada de agua y natural de aire.

La transmisión de calor de los radiadores o emisión de calor por sus paredes, se realiza por convección natural por el lado del agua (parte superior) y por radiación por el lado del aire (parte frontal).

Las unidades térmicas han de tener una potencia calorífica capaz de aportar a los locales sus necesidades térmicas. Además, se ha de tener presente los rendimientos de estos, ya que los valores de transmisión se reducen entre un 2% a un 30%, según su colocación.

La potencia calorífica que desprende cualquier unidad térmica viene en función de la diferencia de temperaturas entre el emisor y el aire ambiente. Cuando se trata de radiadores, los fabricantes, al facilitar las dimensiones de construcción de los emisores, incluyen tablas de rendimiento calorífico para una diferencia de temperatura entre la temperatura media del radiador y la ambiente de 60°C .

En la Figura 1.11, se deduce el salto térmico, ΔT , que es la diferencia entre la temperatura media del radiador y la temperatura del ambiente, y la potencia térmica nominal que es la calor emitida por unidad de tiempo por un elemento de radiador sin revestir a una temperatura del aire ambiente $T_a = 20^{\circ}\text{C}$ y una temperatura media del radiador $T_m = 80^{\circ}\text{C}$ (salto térmico de 60°C).

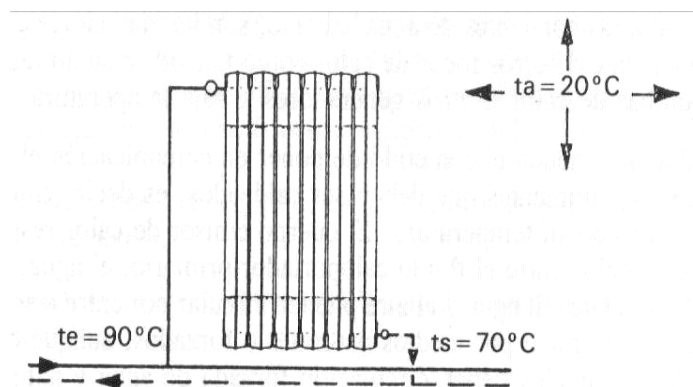


Figura 1.11. Temperatura de base para el cálculo del salto térmico de un radiador.

La expresión que relaciona las potencias caloríficas para diferentes saltos térmicos con el ambiente es la siguiente:

$$Q = Q_{60} \cdot \left(\frac{\Delta T}{60} \right)^n$$

Ec.1.1.

Donde: Q es la potencia calorífica del emisor para un ΔT diferente a 60°C , en W.

Q_{60} es la potencia calorífica del emisor para $\Delta T = 60^\circ\text{C}$ (la que proporciona el catálogo).

ΔT es el salto térmico diferente del normalizado.

n es el exponente de la curva característica del emisor homologado por una norma.

d) Conductos.

Los conductos son los que se encargan de unir los diferentes elementos del sistema (por ejemplo los colectores solares con los depósitos de acumulación). Por lo que, normalmente, tienen un ramal de ida y otro de vuelta.

El diseño de por donde pasará la tubería debe hacerse cuidadosamente, así como elegir adecuadamente los diámetros de la misma en función del caudal que circulará por ella. En cualquier caso, las longitudes de tubería deben ser lo más cortas posibles, a fin de que las pérdidas de calor a través de ella sean pequeñas; deben evitarse los estrangulamientos, cambios bruscos de dirección, etc.

En el caso de que el fluido de circulación sea agua, se presenta el fenómeno de que ésta disuelve aire al disminuir la temperatura y se desprende de él al aumentar la temperatura. Este fenómeno también ocurre incluso en circuitos cerrados y sellados, pues al cargar el agua la primera vez es imposible degasificarla totalmente. Ello origina la presencia de burbujas en la tubería, que se desplazan conjuntamente con el agua (Figura 1.12).

Estas burbujas tienen tendencia a producirse cuando la temperatura del agua es más elevada y se suelen concentrar en las zonas elevadas de la instalación, dando lugar a problemas tales como obstrucción de la circulación del líquido, corrosión acelerada, ruidos, etc.

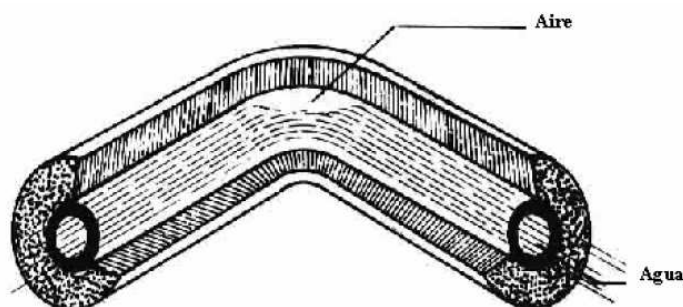


Figura 1.12. Formación de burbujas en las zonas altas de la instalación.

Por ello en las zonas elevadas de las tuberías se instalan purgadores, que son unas válvulas que permiten el paso del gas hacia el exterior de la instalación, pero no del líquido. De esta forma, a medida que se forman burbujas, éstas son eliminadas en los purgadores.

El diámetro de la tubería debe elegirse de forma que la velocidad de circulación no sea ni demasiado rápida ni demasiado lenta. El valor óptimo suele estar comprendido ente 0,5 y 2 m/s. Velocidades muy lentas favorecen la sedimentación e incrustación de residuos en el interior de la tubería, mientras que velocidades muy rápidas favorecen la erosión de la pared interna de la tubería, provocan ruidos innecesarios y un consumo energético innecesario de la bomba de circulación.

Todas las tuberías deben ir en toda su longitud debidamente recubiertas de aislante térmico para evitar las pérdidas de calor.

1.7.2. Sistemas de calefacción.

Se denominan instalaciones de calefacción a aquellas instalaciones térmicas destinadas a mantener la temperatura ambiente de un determinado recinto a un nivel superior al de la temperatura exterior del recinto. En cambio, las instalaciones de refrigeración son las que tienen el objetivo de mantener la temperatura del recinto a una temperatura inferior a la del ambiente exterior. Si además del control de la temperatura, se realiza un control de la humedad del recinto, las instalaciones se denominan instalaciones de climatización.

A continuación que explican las instalaciones de calefacción por ser las que se instalan en el presente proyecto.

Es evidente que las instalaciones de calefacción serán diferentes según el tamaño y tipo de construcción de los locales a calefactor, por otra parte, es de sentido común el que una instalación de calefacción dependa de la climatología del lugar. Así pues, el sistema de calefacción estará íntimamente relacionado al tamaño y tipo constructivo del edificio y al ambiente exterior.

Las instalaciones de calefacción se regirán según la normativa establecida, Reglamento de Instalaciones de Calefacción y Agua Caliente Sanitaria (Real Decreto 1618/1980) y el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE).

1.7.2.1. Condiciones de un sistema de calefacción.

La primera condición que ha de cumplir un sistema de calefacción, es que pueda ser instalado en el edificio en el cual se proyecta de una manera total, adaptándose íntegramente a las formas del edificio y al régimen de utilización del mismo, dando respuesta a todas las demandas caloríficas que se precisan.

Debe tener la capacidad de respuesta suficiente para poder proporcionar la carga instantánea máxima que se precisa, sin que resulte con una inercia térmica excesiva, para evitar pérdidas energéticas y garantizar el confort de los ocupantes o usuarios del edificio.

Antes de escoger un sistema, hay que considerar una serie de parámetros:

- La inversión.
- El edificio.
- Las cargas térmicas.
- Las condiciones exteriores.

Respecto a la inversión, se habrá de hacer un estudio de la amortización de la instalación, teniendo en cuenta no solamente los gastos iniciales de sus componentes básicos (caldera, radiadores, etc.) sino analizar también los gastos de explotación, según el tipo de combustible utilizado. Y la rentabilidad de todo el conjunto, para el edificio a calefactor.

Requiere también hacer un análisis del propio edificio, haciendo referencia a condiciones de la forma, tipo de construcción, espacios disponibles en su interior, orientación (como factor muy influyente) y su situación geográfica.

Las cargas térmicas es el factor fundamental de la instalación de calefacción, por lo que para su determinación se realizará un estudio preciso de todos los factores que puedan intervenir (ocupación, aislamientos térmicos de los cerramientos, las pérdidas de calor, las aportaciones energéticas si las hay, etc.)

Otro condicionante para elegir un sistema de calefacción, son las condiciones externas del lugar donde está situado el edificio. De estas condiciones destacan la temperatura, la radiación solar que recibe y los vientos dominantes de la zona.

Con este análisis previo, y un conocimiento de los sistemas y sus características fundamentales, se puede conseguir la elección del sistema de calefacción más adecuado para cada edificio, teniendo en cuenta los factores que diferencian unos sistemas de otros.

1.7.2.2. Diferentes tipos de sistemas de calefacción.

- a) Según el medio que utilizan, y teniendo en cuenta los sistemas más utilizados, pueden ser:
- Calefacción por agua caliente.
 - Calefacción por vapor.
 - Calefacción por aire.
 - Calefacción eléctrica.
- b) Según el ámbito de aplicación, y teniendo en cuenta la ITC IC.01 Terminología, a efectos de aplicación del Reglamento, se tienen:
- Calefacción unitaria: en las que cada elemento es un generador de calor.
 - Calefacción individual: instalaciones en que la producción de calor es independiente para cada usuario.

- Calefacción centralizada: instalación en la que la producción de calor se realiza centralmente, distribuyéndose a diversos subsistemas o equipos terminales.
 - Calefacción colectiva: son las instalaciones centralizadas, en las que la producción de calor sirve a un conjunto de usuarios dentro de un mismo edificio.
 - Calefacción urbana o por barrios: aquellas en las que la producción de calor es única para un conjunto de usuarios que se sirven de una misma red urbana.
- c) Conforme al tipo de unidad térmica utilizado, entendiéndose como tal el equipo de aire o agua que actúa sobre las condiciones ambientales de una zona condicionada:
- Calefacción por radiadores.
 - Calefacción por convectores.
 - Calefacción por ventiloconvectores (fan-coils).
 - Calefacción por aerotermos.
 - Calefacción por tierra radiante.
- d) Referente al combustible que se puede quemar:
- Calefacción de carbón.
 - Calefacción de gas.
 - Calefacción de gas-oil.
 - Calefacción de leña.
 - Otras fuentes de energía.

La combinación de los diferentes sistemas mencionados dan lugar a una amplia gama de procedimientos. A continuación se intenta detallar, de una manera más amplia y detallada, en

que consisten los diferentes sistemas de calefacción considerados los más clásicos: agua caliente, aire caliente y eléctrica.

1.7.2.2.1. Calefacción por agua caliente.

El sistema de calefacción por agua caliente se basa en el transporte de la energía calorífica siendo su vehículo el agua caliente, la cual, al circular entre los elementos productores y emisores de calor, transfiriendo por estos últimos la energía calorífica al ambiente. El agua caliente, una vez cedida parte de su calor a los emisores, regresa al punto de partida (productores) mediante la red de retorno y a más baja temperatura para volverse a calentar y continuar el ciclo.

El método más utilizado es aquel que aprovecha el calor generado en la caldera para elevar la temperatura de una masa de agua hasta unos 80-90°C.

Modalidad

- Por gravedad: necesitan saltos térmicos entre ida y vuelta de unos 20°C. Necesitan tubos de diámetros mayores para evitar las pérdidas de presión provocadas por el rozamiento con los conductos. La caldera debe situarse a una cota menor que los emisores, facilitando la circulación del agua caliente por su propio peso. El agua sale de la caldera a unos 80-90°C y vuelve a uno 60-70°C, manteniendo el salto térmico entre los 20°C. Los emisores se deben situar por debajo de los conductos principales.
- Por circulación forzada: utilizan conductos mayores ya que no es tan importante las pérdidas de presión. No necesita que la caldera se coloque en un lugar preciso, ya que la circulación del agua se efectúa gracias a una bomba que impulsa el agua. El salto térmico que necesita este tipo de instalación es más bajo que el anterior (entre 10 y 15°C).

En la actualidad han caído en desuso las instalaciones por gravedad, realizándose todas por circulación forzada mediante bombas.

1.7.2.2.2. Calefacción radiante

El nombre de calefacción radiante puede inducir a error, por eso hay que destacar que se engloba aquí aquellos casos en los que los aparatos emisores presentan una gran superficie aparente, su transmisión calorífica por radiación es, al menos cuantitativamente, igual a la de convección.

Dentro de la calefacción radiante, podemos distinguir tres casos diferentes:

- Calefacción por el suelo.
- Calefacción por paredes verticales.
- Calefacción por el techo.

La última novedad, en cuanto a la utilización del suelo radiante, es como sistema de enfriamiento. La temperatura del cuerpo humano está sobre los 36,5°C. Este radiara energía procedente de los procesos metabólicos al ambiente con más facilidad si bajamos la temperatura del ambiente que lo envuelve. Esto se puede conseguir haciendo circular agua fría por los conductos.

La posibilidad de utilizar la misma red de conductos insertados para calefacción y refrigeración, aumenta aun más su mercado. El límite de enfriamiento de las superficies estará en la temperatura de rocío del aire ambiente, que será función de su contenido de humedad, con el objetivo de evitar las condensaciones de agua.

La superficie en la que es más fácil implementar un sistema radiante es el suelo. Las paredes presentan el problema de que se cubren con muebles y otros elementos. El techo es un poco menos eficiente dado que los conductos no se envuelven con mortero, sino con aire que disminuye la transferencia de calor por convección.

Desde el punto de vista del confort, es idóneo poder controlar las temperaturas de todas las superficies que envuelven al sujeto, dado que el cuerpo humano emite radiación calorífica de manera uniforme en todas las direcciones, se producirá una mejor sensación de bienestar. Además, desde la perspectiva del ahorro energético, la temperatura de trabajo del fluido podrá ser inferior para el efecto de calefacción. No obstante, la inversión necesaria para conseguir este objetivo limita la instalación a la utilización del suelo en la mayoría de los casos.

Las principales diferencias de este sistema de calefacción con el resto son:

1. La temperatura de trabajo del agua está entre 30 y 50°C, no superando nunca los 55°C. Los sistemas de radiadores funcionan con agua entre 70 u 90°C. Esto permite utilizar generadores de calor de baja temperatura como pueden ser las bombas de calor o los paneles solares, así como cualquier tipo de caldera eléctrica, de gas o gas-oil, evitando el riesgo de quemaduras.
2. En un local calefactado por este sistema, la temperatura es muy uniforme. No existen zonas frías y zonas calientes como sucede en calefacciones por aire o por radiadores. Las asimetrías radiantes provocadas por grandes ventanas pueden ser compensadas con un aumento de la densidad de los tubos enterrados en las zonas donde se encuentran estas superficies.
3. La ausencia en paredes y techos de emisores de calor permite más versatilidad en las propuestas de decoración y disposición de mobiliario.
4. La velocidad de circulación del aire no supera los 0,05 m/s, de manera que no hay movimientos de polvo ni oscurecimiento de paredes, evitándose la sensación desagradable de corrientes fluctuantes de aire. Los radiadores que se colocan en las paredes solo irradian entre un 10 y un 30% de su potencia calorífica, el resto de la emisión se realiza por convección. En una superficie radiante, la radiación representa más del 60% de su potencia calorífica.
5. Desde el punto de vista de la salud, disminuye la posibilidad de contraer afecciones respiratorias, al no existir partículas corrientes de aire y no influir de manera importante en la humedad relativa, ya que se trabaja con una temperatura seca del aire ambiente de al menos dos grados por debajo de otras calefacciones.
6. En locales con techos altos, como iglesias, cines, teatros, ect., el ahorro energético es sustancial, ya que se trabaja con una temperatura del aire ambiente inferior de 2°C. Teniendo en cuenta que el volumen de aire a tratar, en este tipo de edificios, es muy alto, necesitamos menos energía y además concentramos el aire caliente en la parte a utilizar (parte baja).
7. Un sistema radiante cumple mejor que ningún otro con las condiciones interiores de bienestar térmico establecidas al RITE en su ITE 02.2.1, en donde se hace referencia al gradiente térmico según la altura y la velocidad de circulación del aire.

8. Teniendo en cuenta que en el intervalo de temperaturas ambiente de 20 a 28°C, el cuerpo humano intercambia un 30% de calor por convección, un 40% por radiación y un 25% por evaporación. De manera que calentando o enfriando superficies grandes aumentamos la eficacia de los intercambios entre el cuerpo y el entorno.

Además de las características numeradas anteriormente, una de las principales ventajas de un sistema radiante es el ahorro energético que produce en comparación con otros sistemas que utilizan el mismo tipo de energía primaria. Las causas de su eficiencia energética son:

- Menor temperatura del agua de distribución.
- Menor temperatura del techo.
- Menor temperatura del aire ambiente.
- Aprovechamiento de las aportaciones gratuitas de calor.
- Capacidad de redistribución del calor.

Existen tres tipos principales de configuración de circuitos de conductos para la calefacción bajo tierra. En general, cuando se hacen los planos de la disposición de los conductos, se habría de tener en cuenta el hecho de dirigir el flujo de alimentación hacia las paredes externas o hacia otras áreas potencialmente frías.

- Configuración A o serpentín simple: ofrece facilidad de instalación de los conductos, pero con una distribución menos uniforme del calor sobre la superficie del suelo. Las variaciones de temperatura se mantienen al mínimo dentro de zonas pequeñas. El salto térmico considerado entre ida y vuelta ha de estar entre 5 y 10°C para conseguir una temperatura del suelo lo más uniforme posible. Su desventaja principal es que tiene radios de curvatura pequeños, por lo que se necesita tubos muy flexibles para su instalación.
- Configuración B o doble serpentín: proporciona una temperatura media uniforme, pero con una mayor variación de temperatura dentro de áreas pequeñas. Esta configuración permite saltos térmicos mayores entre ida y vuelta (15°C) sin afectar significativamente a la uniformidad de la temperatura del suelo. La característica

principal es que los conductos de alimentación y retorno están dispuestos en paralelo.

- Configuración C o circuito en espiral; proporciona una distribución de temperaturas muy homogénea, pero plantea mayor dificultad de instalación. Esta configuración es adecuada para instalaciones con pequeñas separaciones entre tubos. El circuito en espiral es básicamente una variable del doble serpentín, pero en forma de espiral, y como la anterior, permite saltos térmicos mayores entre ida y retorno (15°C) sin afectar significativamente la uniformidad de la temperatura del suelo. La espiral se adapta muy bien a las habitaciones con formas irregulares.

1.7.2.2.3. Calefacción por aire caliente.

Este sistema cuenta con un ventilador acoplado que se encarga de dirigir una corriente de aire caliente hacia las zonas designadas, el cual, debidamente controlado, calienta los espacios donde se descarga. Durante la temporada de verano, y por efecto del viento que producen los ventiladores que lleva incorporados, puede ser usado como refrigeración del local.

. Aerocalentadores.

Dentro de la gama de aparatos de calefacción destinados a calentar naves o amplios espacios comerciales o industriales, encuentran gran aplicación los aerocalentadores, también llamados aerotermiales, que son unidades autónomas que funcionan con agua caliente o sobrecalentada, o también con quemadores de gas ciudad, natural o propano. Trabajan con potencias que varían entre 8 y 70 kW.

. Generadores

Generalmente, el núcleo de un equipo de calefacción por aire caliente está constituido por un calorífico encargado de elevar la temperatura de una masa de aire sometida a su acción, formando el conjunto calentador una unidad compacta junto al grupo impulsor de aire, que suele ser un ventilador centrífugo, portando, en este caso, una cámara de combustión para gas ciudad, gas butano, propano o natural.

La descarga de aire caliente impulsado puede hacerse de manera que circule libremente por el espacio habitado o bien que circule por el interior del falso techo, haciendo este la función de

conducto de circulación. De ahí será distribuido por las diferentes dependencias, mediante rejillas de descarga.

Normalmente, el aire caliente es dirigido y distribuido a las habitaciones mediante conductos que recorren los techos, saliendo del conducto principal diversas ramificaciones secundarias que descargan el aire caliente mediante rejillas (Figura 1.13). Usualmente, existen dos canales o conductos, uno a nivel de suelo, para dirigir el aire frío hacia el generador, donde pasará a calentarse, y el otro a ras de techo como ya se ha explicado.

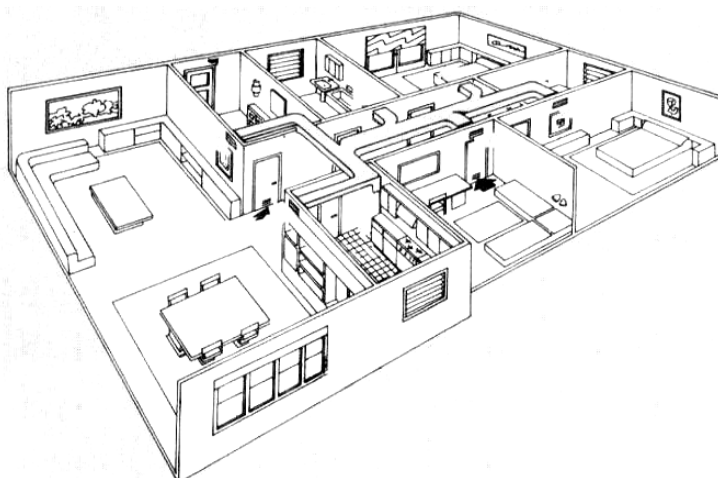


Figura 1.13. Distribución del aire por conductos.

1.7.2.2.4. Calefacción eléctrica por efecto Joule.

Se denominan instalaciones de calefacción eléctrica a aquellas instalaciones que utilizan la electricidad como fuente energética (efecto Joule). El calor que disipa un conducto al paso de una corriente eléctrica constante es:

- Proporcional al tiempo transcurrido.
- Proporcional al cuadrado de la intensidad de corriente.
- Proporcional a la resistencia del conductor.

Los sistemas de calefacción eléctrica se pueden clasificar en dos grandes grupos:

- Calefacción directa.
- Calefacción por acumulación.

El primer grupo está formado por esos aparatos que ceden calor al ambiente conforme se va produciendo, mientras que los equipos de calefacción por acumulación, tal y como indica su nombre, permiten producir y almacenar calor durante un cierto tiempo para cederla al ambiente cuando sea necesario.

La calefacción eléctrica se usa usualmente en instalaciones unitarias e individuales, aunque en algunos casos se puede utilizar en instalaciones colectivas o centralizadas. La utilización de la energía eléctrica en sistemas unitarios presenta ciertas ventajas sobre otros sistemas de calefacción destacando fundamentalmente las siguientes.

- Ocupa poco lugar, al no requerir depósitos de combustible, salas de caldera, etc.
- Los aparatos de calefacción pueden ser colocados en diferentes lugares, permiten la redistribución de los locales.
- Es limpia y silenciosa.

Por contra, hay que destacar que es la energía más costosa, aunque la aplicación de la tarifa nocturna abarata enormemente la energía y hace viable el sistema de acumulación. Por su parte, el sistema de calefacción directa son aconsejables solamente en instalaciones unitarias o individuales de pequeña potencia, debido precisamente al coste de la energía.

Sistemas unitarios de calefacción directa.

Los sistemas unitarios pueden clasificarse, atendiéndose al mecanismo de transmisión de calor que predomina en la transferencia energética al ambiente, en equipos de convección, radiación y convección-radiación.

Entre los equipos que utilizan la convección como mecanismo básico de transmisión de calor, pueden citarse los siguientes:

- Convectores; están especialmente diseñados para acelerar el movimiento ascendente del aire caliente, mediante una carcasa o cuerpo que produce un efecto análogo al de una chimenea, efectuándose el calentamiento del aire en una resistencia eléctrica colocada en la zona inferior de la carcasa; en la salida del aparato el aire es dirigido mediante unas rejillas, con la finalidad de mejorar la distribución dentro de la habitación y separar la corriente ascendente de la pared,

ver Figura 1.14. Tienen un coste bajo y presentan pocas averías. La gama de potencia oscila entre 300 y 2.000 W.

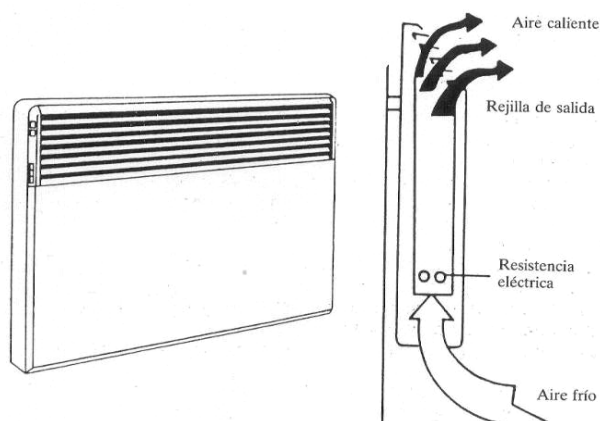


Figura 1.14. Calefacción eléctrica por convectores.

- Ventilconvectores; consisten básicamente en un convector dotado de un ventilador que aspira el aire frío de la habitación, impulsándolo a través de resistencias eléctricas de las que va dotado el aparato y enviándolo caliente al interior de la habitación.
- Calor negra; consiste, fundamentalmente, en una resistencia eléctrica cerrada en una carcasa de chapa. Su denominación se debe al hecho que la resistencia no se pone al rojo vivo, manteniéndose en una tonalidad oscura. Su única ventaja es el precio, muy bajo, hecho que suele repercutir en la calidad.

Por último, entre los equipos de convección-radiación destacan:

- Radiadores de aceite; están constituidos por una carcasa de chapa similar a la de los radiadores tradicionales, en el interior de los cuales está la resistencia eléctrica sumergida en un aceite térmico. La emisión de calor es por radiación y convección, dependiendo la proporción de ambas de la forma del radiador. Debido a la inercia térmica que presentan, son muy apropiados para viviendas de ocupación permanente.
- Zoclos calefactores; consisten en una resistencia eléctrica, alojada en una carcasa metálica, plastificada, alargada y estrecha, diseñada en forma de zoclo para

sustituir a este, permite una distribución homogénea de temperatura y poseen la ventaja de ocupar poco espacio.

Sistemas unitarios de calefacción por acumulación.

Los sistemas de acumulación almacenan el calor durante la noche, con energía eléctrica de menor coste, y lo suministran cuando es preciso. El calor se genera en resistencias eléctricas de cromo-níquel, colocadas en bloque de material refractario, alcanzando temperaturas de 600-700°C al final de la carga. El conjunto se envuelve con material aislante que conserva la calor acumulada a la vez que evita una temperatura superficial elevada en la carcasa del aparato.

La acumulación de calor en estos aparatos se basa en el almacenamiento de energía durante la noche, en un máximo de ocho horas, y la restitución del calor almacenado al ambiente durante las dieciséis horas restantes, existiendo durante la noche unas pequeñas pérdidas de calor a través del aislamiento fundamentalmente, que ayudan a mantener la temperatura de la habitación.

El calor acumulado puede cederse al ambiente por convección natural y radiación (acumuladores estáticos) o mediante corrientes de aire impulsado por ventiladores y radiación (acumuladores dinámicos)

- Acumuladores estáticos; en estos aparatos, el calor se cede principalmente por radiación a través de la carcasa metálica y por convección natural, mediante la corriente de aire que puede circular a través de los canales existentes (Figura 1.15).

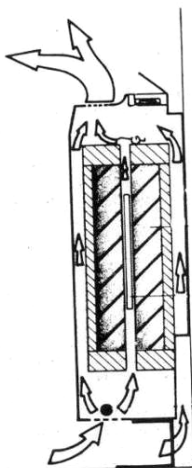


Figura 1.15. Acumulador electroestáticos.

La cesión de calor se realiza durante el periodo de carga, por radiación y convección a través de los canales de la carcasa y aislamiento, quedando una parte del calor acumulado al bloque del refractario que puede ser evacuado durante el día por convección natural a través de los canales colocados al refractario y por radiación de la carcasa.

- Acumuladores dinámicos; son similares a los acumuladores estáticos, pero están dotados de un ventilador que fuerza el movimiento del aire a través de los canales existentes en el refractario. La salida del aire caliente se sitúa usualmente en la parte inferior del aparato, hecho que dificulta la convección natural, reduciéndose significativamente las pérdidas durante el periodo de carga (aproximadamente un 15%), así como la descarga diurna incontrolada (aproximadamente un 40%), de manera que la descarga controlada se eleva hasta un 45% de la potencia nominal del aparato, ver Figura 1.16.

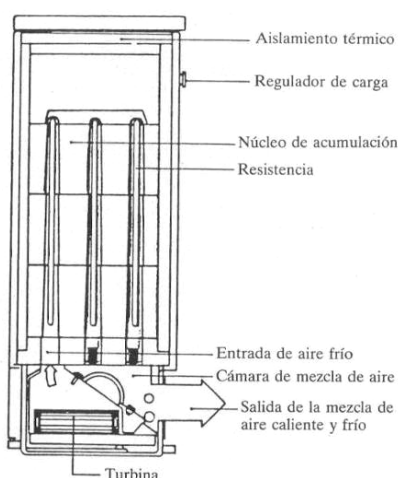


Figura 1.16. Acumulador eléctrico dinámico.

En ambos tipos de acumuladores, el sistema de regulación de la carga puede ser manual o bien automática. En el segundo caso, una sonda exterior mide la temperatura durante la noche y en función del calor residual almacenado en el bloque, el sistema determina la cantidad de energía a almacenar para el día siguiente, así como el momento de inicio de la carga.

1.7.2.3. Elección del sistema de calefacción.

El objetivo de este apartado es realizar un resumen que permita destacar los aspectos más significativos de cada uno de los sistemas de calefacción, así como las ventajas e inconvenientes de cada uno de ellos, para poder elegir la solución más adecuada para este caso.

Los sistemas considerados son los siguientes:

- Calefacción por suelo radiante (Tabla 1.19).
- Calefacción por agua caliente mediante emisores (Tabla 1.20).
- Calefacción por agua caliente mediante emisores de aire caliente (Tabla 1.21).
- Calefacción mediante acumuladores eléctricos (Tabla 1.22).

Aspecto	Características
Salud	<ul style="list-style-type: none"> - Disminuye el riesgo de contraer afecciones respiratorias. - Es la calefacción que más se aproxima a la ideal. - La baja temperatura de trabajo evita el riesgo de quemaduras.
Eficacia Energética	<ul style="list-style-type: none"> - La baja temperatura supone menores pérdidas de calor en los conductos. - Tiene menos pérdidas de calor por los techos. - Ya que se transmite más energía por radiación, disminuye el salto térmico que hace falta proporcionar al aire para las renovaciones, obteniendo así un importante ahorro energético.
Funcionamiento	<ul style="list-style-type: none"> - La temperatura de todo el local es uniforme. - La gran inercia del sistema no permite obtener calentamientos rápidos. - Se pueden producir condensaciones de agua en el suelo en verano si no se regula con precisión la temperatura del agua fría.
Contaminación	<ul style="list-style-type: none"> - Al instalarse en un sistema de energía renovable, se reduce la emisión de gases contaminantes. - Hay que tener en cuenta que se instala una caldera de gasoil, por lo que existe una pequeña parte de emisión de CO₂.
Costes	<ul style="list-style-type: none"> - El ahorro solar puede amortizar la inversión en unos 15 años. - Según el clima habrá que colocar fan-coils al verano para reducir la humedad del ambiente, encareciendo los costos de la inversión.
Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> - Presenta dificultades de reparación en casos de fugas.
Otros	<ul style="list-style-type: none"> - Facilita la decoración de las estancias. - Solo es viable su instalación en edificios de reciente construcción o en esos donde se hagan amplias reformas. - Es un sistema desconocido por la mayoría de los usuarios, echo que frena su desarrollo.

Tabla 1.19. Características de la calefacción por suelo radiante.

Aspecto	Características
Salud	<ul style="list-style-type: none"> - La circulación por convección natural del aire provoca corrientes de aire que pueden ser poco saludables, ya que se acumula el aire caliente en las partes altas y se resecan las mucosas. - Los emisores trabajan a temperaturas de unos 80°C, hecho que conlleva riesgo de quemaduras.
Eficacia Energética	<ul style="list-style-type: none"> - Se producen inevitables pérdidas en la caldera y en los conductos debido a la alta temperatura del agua. - Con el uso de colectores solares se pueden conseguir altos niveles de eficiencia.
Funcionamiento	<ul style="list-style-type: none"> - Si se precisa refrigerar el edificio, hará falta pensar en un sistema adicional que proporcione frío dependiendo del tipo de emisor instalado. - Se establecen zonas frías y zonas calientes en las habitaciones.
Contaminación	<ul style="list-style-type: none"> - La circulación de agua puede provocar algún tipo de sonido. - Al instalarse en un sistema de energía renovable, se reduce la emisión de gases contaminantes. - Hay que tener en cuenta que se instala una caldera de gasoil, por lo que existe una pequeña parte de emisión de CO₂.
Costes	<ul style="list-style-type: none"> - Si se implementa con un sistema de energía solar, hará falta sobredimensionar los emisores, ya que estos trabajan a temperaturas más bajas. - Las empresas suministradoras de gas natural ofrecen facilidades para financiar las instalaciones.
Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> - Es uno de los sistemas más extendidos actualmente, de manera que es fácil y barato encontrar recambios, instaladores o reparadores. - Hay que drenar los circuitos de agua periódicamente, así como hacer revisiones de la caldera anualmente.
Otros	<ul style="list-style-type: none"> - Los emisores pueden ser molestos para la decoración de las instancias del edificio.

Tabla 1.20. Características de la calefacción por agua caliente mediante emisores.

Aspecto	Características
Salud	<ul style="list-style-type: none"> - No es la calefacción ideal ya que se producen corrientes de aire. - Aun así, se suelen utilizar filtros y aparatos purificadores.
Eficacia Energética	<ul style="list-style-type: none"> - Se producen inevitables pérdidas en el generador y en los conductos. - En ciertas épocas, se puede ventilar el edificio gratuitamente con el aire exterior. - La implementación de las energías renovables no es dificultosa.
Funcionamiento	<ul style="list-style-type: none"> - Permite una buena regulación de las renovaciones de aire, temperatura y humedad relativa. - La distribución del calor no es muy buena debido a las corrientes de aire.
Contaminación	<ul style="list-style-type: none"> - Los ventiladores de aire pueden ocasionar ruido. - Al instalarse en un sistema de energía renovable, se reduce la emisión de gases contaminantes. - Hay que tener en cuenta que se instala una caldera de gasoil, por lo que existe una pequeña parte de emisión de CO₂.
Costes	<ul style="list-style-type: none"> - Es un sistema que resulta viable en instalaciones grandes.
Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> - Necesita revisiones periódicas.
Otros	<ul style="list-style-type: none"> - No dificulta la decoración de la estancia, pero hay que prever el lugar para los conductos de aire. - Sólo es viable su instalación en edificios de reciente construcción, o en esos donde se hagan amplias reformas. - Sistema poco utilizado en viviendas unifamiliares.

Tabla 1.21. Características de la calefacción por agua caliente mediante emisores de aire caliente.

Aspecto	Características
Salud	<ul style="list-style-type: none"> - No es la mejor calefacción, debido a que las corrientes de aire y el gradiente de temperaturas crece con la altura del local. - Durante la carga, los acumuladores alcanzan temperaturas elevadas que podrían ocasionar quemaduras.
Eficacia Energética	<ul style="list-style-type: none"> - No permite el uso de colectores solares térmicos. No obstante, siempre se podría conectar a un conjunto de paneles fotovoltaicos.
Funcionamiento	<ul style="list-style-type: none"> - Es ideal para viviendas con ocupación continua. - La gran inercia del sistema no permite obtener calentamientos ni enfriamientos rápidos. - Se establecen zonas frías u zonas calientes en las habitaciones. - Si se precisa refrigerar el edificio, hay que instalar un sistema adicional que proporcione frío.
Contaminación	<ul style="list-style-type: none"> - Los acumuladores dinámicos llevan ventiladores que pueden provocar ruidos. - La electricidad es contaminante, ya que se queman combustibles fósiles para obtenerla.
Costes	<ul style="list-style-type: none"> - Si se combina con la tarifa nocturna, se puede convertir en una inversión viable. - La electricidad es la energía más cara actualmente en el mercado.
Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> - Los acumuladores eléctricos prácticamente no necesitan mantenimiento, mientras que los dinámicos si necesitan mayor supervisión al contar con elementos móviles.
Otros	<ul style="list-style-type: none"> - Es fácil de instalar, ya que solo se precisa de poco espacio y de un enchufe preparado en el aparato. Por el contrario, los acumuladores son aparatos muy pesados. - Los acumuladores pueden molestar al decorar las habitaciones, además de producir manchas en las paredes debido al movimiento del polvo del aire

Tabla 1.22. Características de la calefacción mediante acumuladores eléctricos.

El sistema que más encaja en las necesidades del proyecto es el de calefacción con agua caliente mediante emisores de aire caliente. Este sistema es fácilmente adaptable a una instalación de energía renovable, además su coste no es elevado y en casos de amplia remodelación, es un sistema muy aconsejable. Aunque la distribución de calor no sea muy buena y existan corrientes de aire, hay que tener en cuenta que en las instalaciones, los ocupantes van a estar un tiempo determinado. Además, durante el periodo de verano, se puede aprovechar para obtener aire fresco mediante el paso por los aerotermos de agua a temperatura de red. Los emisores de aire caliente que se colocarán en la instalación serán aerotermos, y habrán de ser capaces de proporcionar el caudal de aire caliente para poder alcanzar todas las dependencias.

1.7.3. Instalaciones de energía solar térmica de baja temperatura.

El sistema más adecuado de calefacción por agua caliente con apoyo solar es el sistema cerrado de circulación forzada (Figura 1.17).

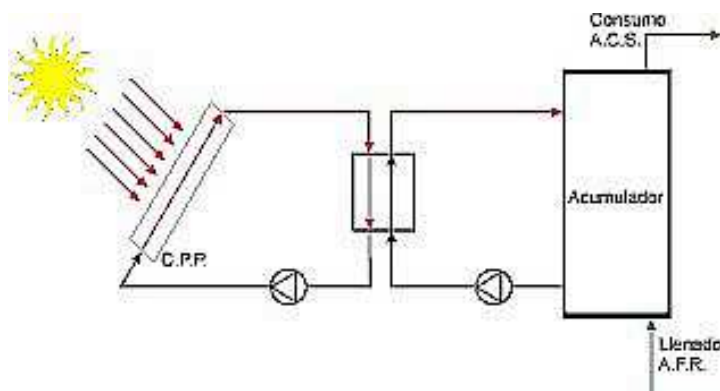


Figura 1.17. Sistema cerrado de circulación forzada.

Para las instalaciones solares de ACS y apoyo en la calefacción existen dos sistemas de diseño:

- Sistema de dos acumuladores (ACS y depósito de inercia).
- Sistema de acumuladores combinados.

1.7.3.1. Funciones y requisitos de los acumuladores.

Los acumuladores cumplen la función de una batería que permite independizar el suministro de calor solar del consumo, ya que el perfil temporal de la entrada de energía no acostumbra a corresponderse con el consumo energético. El periodo de tiempo de acumulación varía entre unas pocas horas, días o en el caso de acumuladores estacionales, hasta meses, y dependiendo en gran parte de la aplicación de la fracción solar deseada.

El objetivo que se persigue es acumular la energía solar disponible de la mejor manera durante periodos de escasa demanda, para después poder suministrar esta energía de la manera más eficaz cuando se necesite.

Los requisitos que se exigen de un acumulador son los siguientes:

- Alto calor específico del medio de acumulación.

- Pérdidas térmicas bajas (pequeña superficie del acumulador y buen aislamiento).
- Buena estratificación de temperaturas al acumulador.
- Vida útil bastante larga (unos 25 años).
- Bajos costes y fácil disponibilidad del medio de acumulación.
- El medio de acumulación y el tanque han de tener buenas propiedades medioambientales y de higiene.
- Ha de ser capaz de soportar las presiones y temperaturas de trabajo previstas.

Debido a su alto calor específico, el factor de no ser contaminante para el medio ambiente y a su disponibilidad, se escoge agua normal como medio de acumulación.

Para sistemas de ACS es posible utilizar agua potable, y en caso de que se utilice un acumulador de inercia y un intercambiador de calor puede utilizarse agua del circuito de calefacción, no potable.

1.7.3.2. Acumuladores de agua caliente sanitaria.

Los acumuladores de agua caliente sanitaria han de cumplir las normas de higiene exigidas por las normativas vigentes. Además, el acumulador ha de ser resistente a la corrosión, dada la presencia de oxígeno en el agua potable.

Acumuladores de acero vitrificado.

El acero vitrificado, se utiliza con frecuencia para proteger los acumuladores contra la corrosión interior. El esmalte se funde sobre el acero. Como es inevitable la aparición de pequeños defectos al material, el esmalte contiene pequeñas partículas de magnesio y otros materiales anódicos a manera de protección contra la corrosión.

Los acumuladores de acero vitrificados se pueden fabricar fácil y económicamente, a pesar de ello, el acumulador se ha de proteger contra impactos durante su transporte a fin de que la capa protectora no sufra daños.

Acumuladores de acero revestidos de plástico.

Este tipo de protección anticorrosiva abarca revestimientos de plástico duros, termoplásticos, siendo este tipo de revestimiento más económico que el acero vitrificado, aunque se ponga en duda su resistencia a largo plazo.

Los termoplásticos en particular, están certificados solamente para una temperatura de 85°C, y no han de ser expuestos a un gradiente térmico superior a los 10K en la pared revestida. Esto hace inadecuado al termoplástico para utilizarse en acumuladores combinados, y los previstos de intercambiadores de calor internos.

Acumuladores de acero inoxidable.

Los de acero inoxidable son relativamente inertes a la corrosión, debido a su alto contenido de níquel y cromo. A pesar de esto, las conexiones soldadas de acero inoxidable pueden llegar a corroerse con altas concentraciones de cloro. Si se tienen en cuenta las concentraciones de cloro permisibles (V2A: 50 mg/L, V4A: 125 mg/L). El acero inoxidable resulta ser un material muy duradero, aunque más caro que cualquier otro material revestido de plástico o vitrificado.

1.7.3.4. Acumuladores de inercia.

Los acumuladores de inercia se utilizan en grandes sistemas solares destinados al calentamiento de agua sanitaria o al apoyo de calefacción. Como estos sistemas requieren relativamente grandes volúmenes de acumulación, se suele separar el medio de acumulación del agua sanitaria por motivos de higiene.

En caso de que el conjunto de acumuladores y las tuberías de conexión formen un circuito cerrado, o sea, que no halla entrada de oxígeno adicional al circuito, se pueden rebajar considerablemente los requisitos propios de una protección anticorrosiva. Además, la presión de diseño del acumulador de agua caliente sanitaria es mucho menor. Debido a estos factores se justifica el bajo coste de un acumulador de inercia.

Acumulador combinado

Los acumuladores combinados “a baño maría” llevan dentro del acumulador de inercia un tanque de agua caliente sanitaria hecho de acero vitrificado o inoxidable. De esta manera, el acumulador de ACS puede ser de volumen reducido, incluso con grandes volúmenes de agua

de calefacción al acumulador de inercia. El calor en este último se transmite a través de la pared del recipiente y de esta manera no se necesita un intercambiador de calor adicional.

Además del tipo “al baño maría”, existen otros acumuladores combinados como son los de calentamiento instantáneo. En este caso, el calentamiento de agua sanitaria se efectúa por medio de un intercambiador interno (un tubo liso o corrugado que pasa por todo el acumulador), o mediante un intercambiador de placas situado al exterior, como un componente fijo del acumulador. El conjunto viene previsto de una bomba de caudal variable, un depósito estratificado de cargas térmicas y el control correspondiente.

Acumulador de almacenamiento estacional.

Los acumuladores estacionales almacenan grandes cantidades de calor durante el verano, a fin de liberarlas cuando se necesitan durante los periodos fríos. Esto exige volúmenes de acumuladores muy grandes, de 10 m³ a más de 100 m³ para una casa individual, o varios miles de metros cúbicos para un sistema de calefacción colectivo o de distrito.

Los acumuladores de acero, con una capacidad de varias decenas de metros cúbicos se pueden integrar en los edificios o colocarse bajo tierra. Recientemente, se ha utilizado acumuladores de plástico reforzados con fibras. Los grandes acumuladores para abastecer las redes de distribución de un sistema de calefacción de distrito son, por lo general, subterráneos.

1.7.3.5. Sistema de dos acumuladores.

A las etapas iniciales de los desarrollos de las instalaciones solares térmicas destinadas al calentamiento de agua sanitaria y al apoyo a la calefacción con bajas fracciones solares, la modificación principal consistía en aumentar el área de captación y complementar el acumulador de agua sanitaria con un acumulador de inercia para la calefacción.

De la misma manera que en los sistemas de ACS, se suelen cargar primero el acumulador de agua sanitaria. Al llegar a la temperatura deseada al acumulador de ACS, se procede a llenar el acumulador de inercia realizando un cambio de conexión mediante una válvula de tres vías en el circuito primario. El acumulador de inercia se carga igual, según la oferta de energía solar, a la

temperatura deseada o hasta la temperatura de 95 °C. Por otro lado, el acumulador de ACS se descarga al consumirse agua caliente, por ejemplo, en la ducha o el baño.

De acuerdo con el sistema de control utilizado, el ciclo de carga vuelve a cambiar de conexión hasta el acumulador de ACS, al disminuir la temperatura en este por debajo de un cierto valor.

El acumulador de inercia se descarga mediante el control del sistema de calefacción. En las configuraciones sencillas, la energía solar almacenada sirve para aumentar la temperatura del retorno del circuito de calefacción. Además, habría de existir la posibilidad de transferencia de la energía almacenada en el acumulador de inercia hasta el de agua sanitaria, en el caso de que no se necesitara calefacción, ya que en caso contrario se podrá aprovechar esta energía durante esta temporada. Si se pretende llegar a un funcionamiento perfecto de todo este complejo sistema, se recomienda integrar un sistema de control en esta configuración, por medio del cual se pueda reconocer todos los componentes en el sistema y llevar a cabo un control general.

1.7.3.6. Selección del sistema de acumulación.

El objetivo de este apartado es realizar un resumen que permita destacar los aspectos más significativos de cada uno de los sistemas de acumulación, así como las ventajas e inconvenientes de cada uno de ellos, para poder seleccionar la solución más adecuada para nuestro caso.

Tipo sistema de acumulación	Ventajas	Inconvenientes
Dos acumuladores	<ul style="list-style-type: none"> - Coste mantenimiento intermedio. - Funcionamiento perfecto con un sistema de control. 	<ul style="list-style-type: none"> - Necesidad de espacio para la instalación. - Coste de montaje más elevado.
Acumuladores combinados	<ul style="list-style-type: none"> - Tienen un coste más reducido. - Simplifica la construcción y el control de las instalaciones. - Reduce el espacio y el coste de montaje. 	<ul style="list-style-type: none"> - Alto coste de mantenimiento. - Integración de una válvula termostática para evitar riesgos de quemaduras.

Tabla 1.23. Ventajas e inconvenientes de los diferentes tipos de sistemas de acumulación.

Por el hecho de contar con espacio suficiente al disponer de una sala destinada a albergar la caldera y depósitos de la instalación solar y para garantizar la higiene del agua sanitaria y evitar posibles riesgos de accidente, se escoge la opción de dos acumuladores: un acumulador de ACS y un depósito de inercia como sistema de acumulación de la instalación.

1.7.4. Colectores solares.

1.7.4.1. Diferentes tipos de colectores.

Según el tipo de instalaciones que se requieran, se emplea unos tipos de colectores u otros. Si el sistema es de baja temperatura, alrededor de 120°C , los colectores que se utilizan son los planos, de vacío o los de polipropileno. En cambio, si las temperaturas que se quieren conseguir son de hasta 250°C , se pasa a utilizar colectores de concentración.

Para este proyecto, y debido a las temperaturas que se utilizan, se utilizarán los colectores para sistemas de baja temperatura.

a) Colector solar plano:

El funcionamiento de este tipo de colectores es muy sencillo, está basado en el efecto invernadero, con lo que la mayor parte de la radiación que incide sobre el es absorbida por una superficie (Figura 1.18).

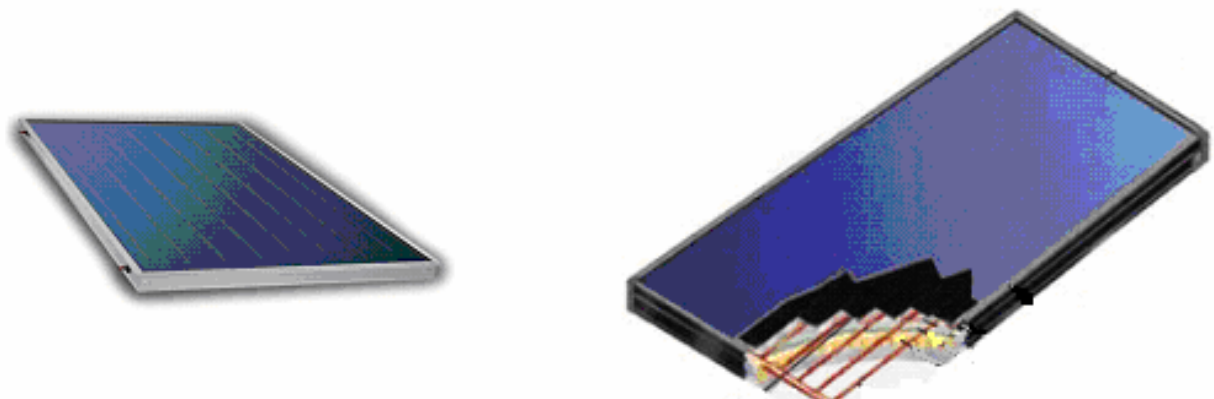


Figura 1.18. Colector solar plano.

Las partes más importantes de los colectores planos son:

1. Carcasa: Elemento que da rigidez y estanquidad a la estructura. En ella se apoyan el resto de elementos.
2. Junta de estanquidad: permite la estanquidad del colector respecto la cubierta y la carcasa, suelen ser de caucho o silicona.
3. Cubierta transparente: su finalidad es reducir las pérdidas energéticas producidas por la radiación infrarroja que emite la placa absorbente cuando esta aumenta de temperatura. Es importante que la cubierta sea opaca a la radiación infrarroja y transparente a la radiación solar, por esto, el material más utilizado para su fabricación es el vidrio, aunque también se usa el plástico, por ser más económico, aunque su vida útil es menor.
4. Superficie absorbente: su misión es captar la mayor parte de la radiación solar que le llega y transmitirla, posteriormente, en forma de energía térmica al fluido caloportador.
5. Aislante: en el fondo y en las paredes laterales del panel se coloca aislante térmico para reducir las pérdidas de calor. En la parte superior del colector se colocan una o más cubiertas transparentes con aire entre ellas, que actúan de aislante.
6. Conductos y tubos: por los conductos o tubos circula el fluido al que se le transfiere la energía absorbida por la placa. El fluido que se utiliza es el agua, aunque es conveniente colocarle una mezcla de anticongelante-agua en aquellas zonas donde las temperaturas bajan de 0°C.

Sus principales aplicaciones son las de producir agua caliente sanitaria (ACS) y calefacción.

b) Colectores de tubo de vacío:

Estos colectores se componen de un conjunto de tubos de vacío, cada uno de ellos contiene un absorbidor, el cual aspira a recoger la energía del Sol y la transfiere a un fluido caloportador. Gracias a las propiedades aislantes del vacío, las pérdidas de calor son mínimas, ya que se eliminan las pérdidas por convección, ver Figura 1.19. Con este sistema de colectores, se pueden conseguir temperaturas superiores a la de los colectores planos (mayores de 100 °C).



Figura 1.19. Colector solar de tubos de vacío.

Su funcionamiento se basa en el principio de concentración. Necesita una superficie reflectante curva donde incida la radiación, gracias a esta curvatura, los rayos son proyectados hacia la parte central del colector, donde se concentran y llegan a unas temperaturas elevadas.

Su uso más común es el de calefacción y ACS en edificios. No obstante, son materiales más caros y su mantenimiento es más costoso, por eso su aceptación en el mercado es baja.

c) Colector sin cubierta o de polipropileno:

Estos paneles son fáciles de instalar, no necesitan mucho mantenimiento y no tienen el riesgo de la corrosión. Constan de un panel captador de polipropileno, y pos dentro de este circula el fluido a calentar, recogiendo el calor emitido por la radiación solar.

Su aplicación más importante es en piscinas, tanto en el interior como en el exterior, aunque en el exterior son considerablemente más efectivos. Con este tipo de colectores conseguimos rendimientos superiores al 80%, además cabe destacar que tienen una vida útil muy larga, son fáciles de instalar y son capaces de trabajar con cualquier tipo de fluido.

1.7.4.2. Tipo de colector elegido.

Una vez visto los tipos diferentes de colectores existentes, lo que se pretende a continuación es hacer un cuadro resumen con los datos más significativo de cada uno, analizando las ventajas e inconvenientes, con el fin de seleccionar el sistema más adecuado para el proyecto (Tabla 1.24).

Tipo de colector	Ventajas	Inconvenientes
Plano o con cubierta	<ul style="list-style-type: none"> -Es el sistema más utilizado (suficientemente estudiados) -Consigue temperaturas bastante elevadas. -Pérdidas aceptables para temperaturas ambientes bajas. 	<ul style="list-style-type: none"> -Riesgo de corrosión. -Costes medios. -Necesitan mantenimiento.
De vacío	<ul style="list-style-type: none"> -Perdidas mínimas incluso con temperaturas ambientes bajas. -Temperaturas elevadas. 	<ul style="list-style-type: none"> -Riesgo de corrosión. -Coste más elevado -Problemas para mantener el vacío dentro de la caja.
De polipropileno o sin cubierta	<ul style="list-style-type: none"> -Tienen el coste más bajo. -Rendimientos elevados para temperaturas ambientes similares a las del fluido. -Bajo coste de mantenimiento. -Vida útil muy larga. - No hay riesgo de corrosión. 	<ul style="list-style-type: none"> -Saltos térmicos de agua más pequeños. -Grandes pérdidas si la temperatura del fluido es muy diferente a la del ambiente.

Tabla 1.24. Ventajas e inconvenientes de los diferentes tipos de colectores.

Viendo la Tabla 1.24, se llega a la conclusión que el tipo de colector que más encaja en el proyecto es el plano o con cubierta, ya que tiene unas pérdidas bajas si la temperatura ambiente es baja, y además consigue temperaturas elevadas con un coste bastante asequible.

1.7.4.3. Tipo de colector solar plano elegido.

De los diversos tipos de captadores solares planos que hay en el mercado, para escoger el más adecuado, se ha tenido en cuenta factores como el rendimiento térmico, la superficie de captación y el coste económico.

En el apartado 2.1.4 se puede ver desglosado todo el procedimiento de cálculo para la selección del captador solar plano. Se han estudiado 8 captadores solares diferentes, y se han obtenido las características principales para poder hacer un estudio, ver Tabla 1.25.

Colector	Ecuación rendimiento	$A_c (m^2)$	Coste (€)
Swiss XX-SEL	$\eta = 0.82 - 3.8 \frac{T_m - T_a}{I_s} - 0.018 \frac{(T_m - T_a)^2}{I_s}$	2,0	538
Solahart Mod "M"	$\eta = 0,73 - 4,9 \cdot \frac{T_e - T_a}{I_s}$	1,8	493
Solahart.Oyster.Mo	$\eta = 0,66 - 4,5 \cdot \frac{T_e - T_a}{I_s}$	1,87	541
Roca PS 2.4	$\eta = 0.79 - 3.8 \frac{T_m - T_a}{I_s} - 0.012 \frac{(T_m - T_a)^2}{I_s}$	2,4	780
Roca PS 2	$\eta = 0.751 - 3.622 \frac{T_m - T_a}{I_s} - 0.013 \frac{(T_m - T_a)^2}{I_s}$	2,0	628
Termicol T 105 S	$\eta = 0.67 - 4.3 \frac{T_e - T_a}{I_s}$	2,09	535
Termicol T130 S	$\eta = 0.67 - 4.2 \frac{T_e - T_a}{I_s}$	2,60	625
Saunier Duval SDS 8 VE	$\eta = 0.792 - 4.713 \frac{T_m - T_a}{I_s}$	2,0	673

Tabla 1.25. Características de los colectores solares planos considerados.

De todos ellos se ha realizado un estudio calculando el rendimiento de cada colector en cada mes del año, y se han obtenido unas gráficas que muestran el ratio coste/potencia de cada colector a lo largo del año y la curva de rendimiento anual de cada colector.

Con estos datos, se ha decidido escoger como el más adecuado, el colector solar plano de la marca SWISS, modelo XX-SEL.

1.7.5.4. Conexión de los captadores.

Es muy importante el tipo de conexión referida al campo de captación en una instalación solar térmica. Existen dos tipologías básicas para agrupar dos o más captadores: en serie o en paralelo. También es posible crear un campo de captación combinando las dos aplicaciones.

Conexión en serie

Consiste en conectar la salida del primer colector directamente con la entrada del siguiente colector, y así consecutivamente, Figura 1.20. Este tipo de conexión se caracteriza por que la temperatura del fluido de entrada en cada captador es superior a la del colector anterior, de manera que a la salida de la batería o grupo de captadores se obtienen temperaturas más altas que si se trabajase con el salto térmico de un solo colector.

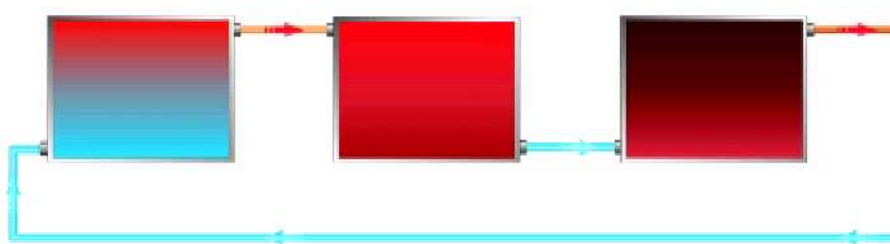


Figura 1.20. Esquema de la conexión en serie de los captadores.

Este tipo de conexión presenta el inconveniente que el rendimiento de los colectores va disminuyendo proporcionalmente con el aumento de la temperatura de trabajo. Por tanto, este tipo de conexión no se acostumbra a utilizar.

Conexión en paralelo

En la conexión en paralelo, tanto la entrada como la salida de los captadores están conectadas a puntos de entrada y salida comunes y al resto de colectores, ver Figura 2.21. En esta configuración, la temperatura del fluido de entrada y de salida, es la misma en todos los captadores, y por tanto los captadores trabajan en el mismo punto de la curva de rendimiento.

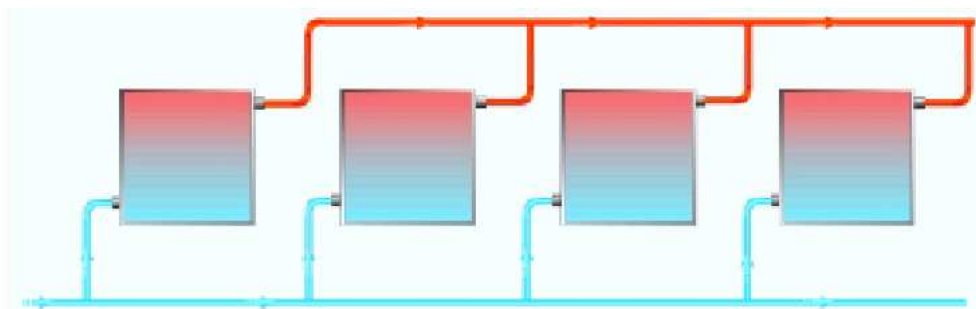


Figura 1.21. Esquema de la conexión en paralelo de los colectores.

En el funcionamiento de las instalaciones, el fluido que pasa por los captadores recircula de manera controlada por el interior del elemento acumulador cediendo el calor absorbido en los captadores de manera progresiva. Inicialmente todo está a la misma temperatura, pero durante las diferentes recirculaciones, el fluido irá aumentando su temperatura, y por tanto la del acumulador, hasta llegar a la temperatura fijada, cuando el sistema detendrá su funcionamiento. Este proceso dura un cierto tiempo, por lo que se analiza el tipo de conexión entre los diferentes captadores de una instalación.

Según la conexión que se elija, la curva de rendimiento de los colectores variará, ya que depende de la temperatura de entrada a los colectores. Esta curva básicamente representa que a medida que aumenta la temperatura de entrada del fluido al captador, disminuye su rendimiento, es decir, el calor absorbido será menor y el salto de temperatura entre entrada y salida también será menor.

Si la conexión es en paralelo, los caudales circulantes por cada captador serán los mismos y los saltos térmicos también, con la cual cosa, la recta de rendimiento del captador se podrá asumir como la recta de rendimiento global de la instalación.

Sería lógico pensar que si se consigue hacer llegar el fluido caloportador a una temperatura elevada, el tiempo que tardaría el depósito en llegar a la temperatura de acumulación sería menor. En este caso, se podría decidir la conexión en serie; el fluido sale del primer captador a una temperatura T_{S1} , que a su vez será la de entrada al siguiente captador. Todo y este hecho de que la temperatura de entrada al siguiente captador aumente, el rendimiento no será igual y tampoco el comportamiento global de la instalación.

Para la conexión de los captadores, se tiene en cuenta el Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE), y el documento básico de ahorro de energía HE-4 del CTE, que especifican los siguientes criterios generales:

- Los captadores se dispondrán en filas que tendrán el mismo número de elementos. Las filas estarán en paralelo y bien alineadas.
- Por cada fila, la conexión de los captadores será en paralelo y sólo se podrán disponer en serie cuando la temperatura de uso de ACS sea mayor de 55°C. Las filas, también en paralelo, sólo se conectarán en serie cuando los captadores de una misma fila se haya conectado en paralelo y la temperatura de servicio de ACS sea mayor de 50°C.

- La entrada de fluido portador de calor se efectuará por el extremo inferior del primer captador de cada fila, y la salida será por el extremo superior del último colector de dicha fila. La entrada tendrá una pendiente ascendente en el sentido de avance del fluido del 1%.
- La conexión entre los captadores y las filas se realizará de forma que el circuito resulte equilibrado hidráulicamente (retorno invertido), sino será necesario instalar válvulas de equilibrio.

1.7.5.5. Selección del tipo de conexión.

Los captadores de la instalación objeto de este proyecto, se conectarán en paralelo, según lo indicado en la ITE 10.1.3. del RITE. La conexión en paralelo de los colectores hace que los caudales circulantes por cada captador sea el mismo y los saltos térmicos también, con lo que la recta de rendimiento de los captadores se podrá asumir como la recta de rendimiento global de la instalación.

Se conectarán 81 captadores colocados en paralelo, en 9 filas de 9 colectores colocados, a la vez, en paralelo. El retorno de los captadores será invertido, para facilitar el equilibrado de la instalación, tal y como determina el HE-4 del CTE.

Se instalarán colindantes a la fachada sur del edificio, estando al mismo nivel que el tejado del edificio en la fachada sur. De esta manera, la circulación será forzada, ya que los depósitos acumuladores estarán por debajo del nivel de los acumuladores.

Se decide por utilizar un circuito cerrado para evitar que al circular el agua de consumo por los captadores, se produzcan problemas de corrosión y de incrustaciones calcáreas en los conductos, y por otro lado, en invierno, si el agua que circula por los colectores es la misma que la de consumo, esta se podría congelar.

1.7.5. Vaso de expansión.

El calentamiento del agua puede provocar su dilatación, y esta a su vez, puede originar la ruptura del circuito en algunos puntos. El vaso de expansión tiene por finalidad absorber esta dilatación, contrarrestando las variaciones de volumen y presión que se pueden producir.

Cuando el fluido circulante por el circuito cerrado aumenta de temperatura, se dilata, aumentando el volumen y llenando el vaso de expansión. Cuando la temperatura desciende, el fluido se contrae saliendo del vaso y retornando al circuito.

La capacidad necesaria del vaso de expansión depende de la capacidad total del circuito, de la temperatura del agua y de la presión a la que se trabaja. Esta capacidad varía en función del tipo de vaso utilizado.

1.7.5.1. Vaso de expansión abierto.

Se utiliza en sistemas sin presión, y se ha de ubicar en la parte superior, al lado de succión de la bomba para que esta no empuje el líquido fuera del recipiente cuando arranca. El depósito abierto funciona como un purgador y tiene contacto directo con el aire exterior, por este motivo solo se puede montar cuando los captadores, serpentines y conductos estén hechos de material inoxidable.

El inconveniente de este tipo de vaso de expansión es que se va perdiendo volumen de líquido debido a su evaporación. También es un punto de pérdidas térmicas.

1.7.5.2. Vaso de expansión cerrado.

Son de uso más común, ya que son los más prácticos y baratos. Constan de un recipiente que tiene atrapado gas nitrógeno separado del fluido caloportador por una membrana elástica de caucho, de forma que, al dilatarse el fluido, se va comprimiendo el nitrógeno hasta quedar equilibradas las presiones, resultando la instalación equilibrada. Este aumento de presión es importante y ha de oscilar desde un mínimo, siempre mayor que la presión atmosférica, para evitar que entre aire a la instalación, hasta un máximo, marcado por la presión de timbre del depósito o captador.

1.7.5.3. Selección del vaso de expansión.

El vaso de expansión seleccionado para el circuito primario del sistema solar es de tipo cerrado, debido a sus prestaciones y mejor funcionamiento. El volumen y modelo escogido se muestra en el apartado 2.1.10 de los anexos.

1.7.6. Tipo de bomba.

No siempre se puede de acumulación a una altura superior a la de los colectores solares para poder tener una circulación natural. En estos casos se precisa una bomba de circulación, que se encarga de hacer que el fluido circule del panel al acumulador (rama caliente) y del acumulador al panel (rama fría).

La bomba de circulación se instala siempre en la rama fría, a fin de mantenerla lo más fría posible. Por dicha rama puede circular, no obstante, agua caliente, aunque a temperatura menos elevada que por la denominada rama caliente. Al instalar la bomba en la rama fría se logra que el motor eléctrico, el rodete, cojinetes, etc. de la misma trabajen más desahogadamente y las averías sean menos frecuentes.

La bomba de circulación se caracteriza por la llamada “curva característica”, que expresa el caudal que pueden suministrar en función de la altura de elevación, ver Figura 1.22.

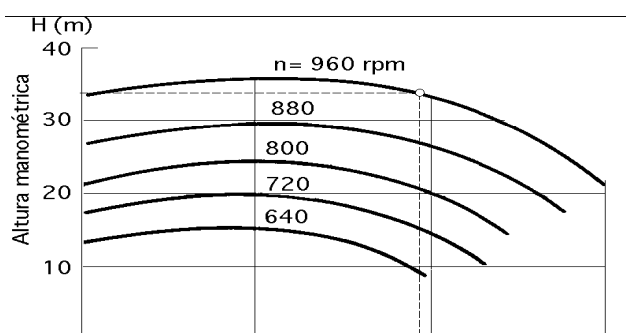


Figura 1.22. Curva característica de una bomba.

La curva característica es una función decreciente que tiene dos puntos singulares: el punto de máxima altura de elevación (H_{max}), con caudal nulo, y el punto de máximo caudal (Q_{max}), con altura de elevación nula. Entre estos dos puntos la bomba puede proporcionar cualquier caudal comprendido entre 0 y Q_{max} , a cualquier altura de elevación comprendida entre 0 y H_{max} .

Generalmente, las bombas no deben funcionar en los valores extremos o cerca de ellos, aunque hay bombas que si pueden hacerlo. Por ello se deberá escoger el tipo de bomba adecuado.

La energía producida por la bomba debe vencer la resistencia que opone el fluido a su paso por la tubería y mantener la presión deseada en cualquier punto de la instalación.

Por tanto, el calibre de la bomba dependerá del caudal de fluido a impulsar y de la pérdida de presión en el circuito hidráulico. Además se tendrá presente en la selección del grupo el tipo de fluido circulante; agua, mezcla de agua y propilenglicol, agua sanitaria o agua de piscinas.

Para limitar el consumo de energía eléctrica de las bombas, es importante dimensionar adecuadamente los elementos constituyentes de los circuitos (tuberías, válvulas, intercambiadores de calor, etc.) de modo que en el circuito primario la pérdida total de presión, al circular el caudal recomendado, alcance un valor máximo entre 4,5 a 8m.c.a. En el circuito secundario, al ser el trazado de tuberías relativamente corto, la caída de presión será como máximo 3 a 3,5 m.c.a.

Existen tres grandes tipos de bombas:

- Electrocirculadores alternativos.
- Electrocirculadores rotativos.
- Electrocirculadores centrífugos.

Los empleados en los sistemas de energía solar son los centrífugos, estos están compuestos por los siguientes elementos:

- Orificio de aspiración; lugar por donde entra el líquido a la bomba.
- Rodete impulsor; es el elemento rotativo.
- Cámara de compulsión; es el elemento que recoge el líquido y lo conduce a la descarga de la bomba.
- Orificio de impulsión; lugar por donde se expulsa el líquido de la bomba.
- Aspiración; boca de contacto entre la tubería y la bomba.
- Difusor; conducto de salida del líquido dentro de la bomba.
- Alabes; palas del rodete impulsor, pueden ser cerradas o abiertas.

El líquido entra en la bomba por el orificio de aspiración que se encuentra en el centro del rodete, siendo aspirado y llevado hasta los alabes. El fluido caloportador gana energía cinética en el rodete debido al movimiento de rotación producido por el eje de un motor eléctrico.

El rodete, al girar, crea un “vacío” (presión de aspiración), y también proporciona al fluido una presión de impulsión. La suma de ambas presiones es la presión total que se comunica a dicho fluido. Si la aspiración fuese tan fuerte que situase la presión por debajo del valor de la presión de vapor de fluido, se produciría la vaporización de éste, lo que se conoce con el nombre de cavitación. Este fenómeno produce un ruido característico y provoca la corrosión del rodete debido a las microburbujas de oxígeno presentes en el vapor de agua.

Los alabes desprenden tangencialmente el fluido mediante su fuerza centrífuga y lo conducen hacia la cámara de presión. El fluido presurizado es encaminado desde la cámara de presión hacia el orificio de impulsión y, a través del difusor, hasta el exterior.

1.7.6.1. Elección del circulador.

Para la elección de la bomba que hace falta instalar en el circuito primario, se ha tenido en cuenta que es necesario que permita la circulación del fluido anticongelante. Los cálculos referentes a la selección de la bomba de circulación del circuito primario, así como el modelo escogido, se detallan en el apartado 2.1.9.2.

Para la elección de la bomba del circuito de calefacción, los cálculos y el modelo escogido se muestran en el apartado 2.1.9.3.

La elección del modelo de bomba para cada circuito se ha basado en el cumplimiento de los requisitos determinados en los cálculos.

1.7.7. Fluido caloportador.

El fluido caloportador es el fluido que pasa por el circuito primario, circuito de captadores y serpentines de los acumuladores. A continuación se detallan los diferentes tipos de fluido caloportador que el CTE admite.

1.7.7.1. Agua de red.

Puede utilizarse como fluido caloportador en instalaciones de tipo abierto o cerrado, pero normalmente es más común en instalaciones de tipo cerrado. A la hora de diseñar el circuito, hará falta utilizar materiales pensando en su utilización y teniendo en cuenta las características del agua de la red de la zona, ya que podría hacer falta colocar un descalcificador que mejore las propiedades y evite problemas en los conductos.

1.7.7.2. Mezcla agua anticongelante.

Este fluido protege el circuito primario del riesgo de congelaciones. El porcentaje de anticongelante que hay que añadir a la mezcla se suele situar entre el 20-40 % en volumen, dependiendo de las temperaturas mínimas de la zona.

Los anticongelantes más utilizados en instalaciones solares térmicas son el etilenglicol y el propilenglicol.

No es conveniente añadir más anticongelante del necesario ya que el anticongelante modifica las propiedades físicas del agua.

- Toxicidad: los anticongelantes suelen ser tóxicos en composición y por la adición de productos inhibidores de la corrosión. Este hecho imposibilita su mezcla con agua de consumo, siendo necesario la introducción de un intercambiador de calor entre el circuito primario y el secundario. Normalmente la presión de circuito primario es menor que la del secundario, de manera que en caso de rotura, el agua pasa al circuito del anticongelante y no al revés.
- Viscosidad: al añadir anticongelante al agua, se aumenta la viscosidad. Esta circunstancia hay que considerarla en el cálculo de las pérdidas de carga de las instalaciones y la potencia de la bomba de circulación.
- Dilatación: el coeficiente de dilatación del anticongelante es más alto que el del agua. Esta circunstancia hay que tenerla en cuenta para dimensionar el vaso de expansión.
- Estabilidad: generalmente la mayoría de anticongelantes se degradan al alcanzar temperaturas del orden de 120°C, pudiendo crear productos corrosivos que

obstruyan los conductos y degraden progresivamente los materiales y elementos del circuito.

- Calor específico: el calor específico de la mezcla agua anticongelante es inferior al del agua, y tendrá que tenerse en cuenta en el cálculo del caudal necesario, que a su vez condiciona el dimensionado del conducto y la bomba de circulación.
- Temperatura de ebullición: al mezclar anticongelante con agua, se consigue elevar ligeramente la temperatura de ebullición, lo que representa un efecto positivo.

1.7.7.3. Líquidos orgánicos.

Los dos líquidos orgánicos que se aconsejan son los sintéticos y los derivados del petróleo.

Si se utilizan este tipo de productos se han de tener las mismas precauciones que en la mezcla agua anticongelante, con la diferencia que los fluidos orgánicos son inflamables, y químicamente estables a altas temperaturas.

Su uso en instalaciones solares térmicas de baja temperatura está muy limitado por su elevado coste.

1.7.7.4. Aceites de silicona.

Estos tipos de fluido son estables, es decir, no se degradan a altas temperaturas y no son inflamables. Su principal inconveniente, al igual que los fluidos orgánicos, es su elevado coste.

1.7.7.5. Selección del fluido caloportador

El fluido caloportador que se cree más conveniente de utilizar en el circuito primario de la instalación de este proyecto es una mezcla de agua y propilenglicol, con una mezcla en volumen del 28%. Se ha descartado el uso de agua de red por el riesgo de heladas y los aceites de silicona y líquidos orgánicos por su alto coste, además de que hay que seguir las pautas establecidas en el documento HE 4 del CTE.

Todos los datos referentes a las propiedades del fluido y parámetros de cálculo se pueden ver detallados en el apartado 2.1.5 del anexo.

1.8. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

1.8.1. Descripción general de la instalación.

Se trata de un sistema de ACS y apoyo de calefacción mediante energía solar térmica, en el que hay una caldera de gas-oil para asegurar la potencia térmica durante el invierno.

La instalación constará, básicamente, de dos circuitos cerrados, además del circuito de ACS, que será de tipo abierto.

Por el circuito primario circulará la mezcla de anticongelante que calentará el agua del depósito de ACS y el agua de los depósitos de inercia, mediante los respectivos serpentines de intercambio. El segundo circuito cerrado será el de calefacción, que partirá desde los acumuladores de inercia y constará de todos los conductos que suministrarán el agua caliente a los aerotermos de las dependencias. Las salidas de los depósitos comunicarán directamente con la caldera de gasoil donde se recalentará el agua, en caso necesario, y desde donde se distribuirá al consumo de ACS y calefacción.

El dimensionado de esta instalación permitirá proveer con una buena cobertura, el servicio de ACS durante todo el año, a la vez que servirá para dar soporte a las necesidades de calefacción en los meses de invierno (octubre-mayo). Cuando la temperatura de calefacción llegue a su fin, el sistema sufrirá un cambio de temporada, para evitar sobrecalentamientos, será conveniente seguir el procedimiento que se explica en el apartado 4.2.1.4 del pliego de condiciones técnicas, dejando tan solo 13 captadores para la producción de ACS.

El hecho que la instalación tenga dos finalidades, ACS y calefacción, hace que haga falta establecer prioridades. En primer lugar, se dará prioridad al calentamiento del acumulador de ACS hasta llegar a la temperatura de 60°C. Una vez conseguida esta temperatura, el sistema cederá la energía a los depósitos de inercia del sistema de calefacción, calentándolos hasta la temperatura adecuada para su uso. Una vez alcanzada, el control de calefacción aprovecha la energía almacenada para enviarla a los aerotermos hasta agotarla, momento en el que se pone en marcha la caldera para aportar la energía extra que necesita el sistema de calefacción.

Evidentemente, la caldera puede funcionar o pararse según la cantidad de energía a suministrar, y esto está relacionado con la cantidad de energía almacenada en los depósitos de inercia. Si la energía producida por los captadores no fuera suficiente en algunos momentos para cubrir las

necesidades de ACS, el depósito de ACS también está conectado con la caldera, pudiendo actuar esta como soporte.

Si en algún momento se produjera el caso que tanto el sistema de ACS como el de calefacción no pudieran absorber toda la producción solar, procedería a la recirculación durante la noche del fluido caloportador por los acumuladores, disipando la energía almacenada en los acumuladores. De esta manera, se evitarían problemas de sobrecalentamiento y las consecuencias desagradables que esto comporta para los materiales de la instalación.

Se han establecido 4 zonas en la instalación (ver plano 3.10), atendiendo a las funciones de los diferentes elementos que integran la instalación.

- Zona 1: está formada por el conjunto de colectores solares y sus conexiones con la bomba de circulación del circuito primario, los serpentines de los depósitos (ACS e inercia), así como toda la instrumentación y válvulas necesarias del circuito primario (ver plano 3.11).
- Zona 2: forman parte de esta zona el depósito de ACS y las válvulas y elementos necesarios para que el agua fría entre en condiciones en el depósito de ACS (ver plano 3.11).
- Zona 3: integrada por la caldera y los elementos de regulación y medida que estén entre la caldera y los depósitos de inercia (ver plano 3.12).
- Zona 4: incluye los depósitos de inercia, los circuitos de aerotermos, los conductos, las válvulas y los elementos de medida, así como la bomba de circulación que impulsará el agua de calefacción (ver plano 3.12).

Se ha elaborado una nomenclatura para identificar cada uno de los elementos que intervienen en el sistema. Las codificaciones y sus significados se muestran en la Tabla 1.26.

CODIGO	Elemento	CODIGO	Elemento
BH	Bomba de circulación	PU	Purgador aire colector
CL	Caldera	AT	Aerotermo
CR	Centralita de regulación	SR	Sensor radiación solar
CS	Colector solar	ST	Sonda de temperatura
DA	Depósito acumulador	VA	Válvula antirretorno
DT	Detector	VE	Válvula de equilibrado
ET	Electroválvula de tres vías	VR	Válvula reductora de presión
FT	Filtro	VS	Válvula de seguridad
MN	Manómetro	VT	Válvula de corte
PA	Purgador de aire aerotermo	VX	Vaso de expansión

Tabla 1.26. Nomenglatura de los diferentes elementos que intervienen en la instalación.

1.8.2. Descripción de la zona 1.

El objetivo de los elementos de la zona 1 es aprovechar al máximo la energía solar que reciben los colectores. Esto se consigue mediante un circuito cerrado por donde fluye una mezcla de agua con anticongelante.

El listado de elementos presentes en los planos incluidos dentro de la zona 1 se puede ver detalladamente en la Tabla 1.27.

CODIGO	Elemento
CS-01 a CS-81	Colector solar
VE-01 a VE-9	Válvula de equilibrado de las filas de colectores
BH-01 y BH-02	Bomba de circulación
FT-01 y FT-02	Filtro de aspiración de la bomba
VT-00 a VT-29	Válvula de corte
VA-01 a VA-10	Válvula antirretorno
VX-01	Vaso de expansión
CR-01	Centralita de regulación
SR-01	Sensor de irradiación solar
ST-01	Sonda de temperatura del retorno solar
ET-01	Electroválvula de tres vías
MN-01 a MN-12	Manómetro de aguja
VS-01	Válvula de seguridad
PU-01 a PU-10	Purgador automático

Tabla 1.27. Listado de elementos de la zona 1.

El fluido caloportador, agua con propilenglicol, se impulsa con una bomba de circulación hasta los colectores solares, donde la temperatura del fluido aumenta debido a la transmisión de energía. Una vez caliente (a unos 65°C – 70°C) el fluido pasará por el serpentín del depósito de ACS o bien por los de los depósitos de inercia, o por los todos ellos a la vez, dependiendo de cuales sean las necesidades en los respectivos depósitos de acumulación. Los elementos de regulación de la zona 1 actuarán de forma que se aproveche al máximo la energía solar y no se produzcan sobrepresiones o temperaturas excesivamente elevadas en el fluido.

1.8.2.1. Características de los colectores solares.

Marca y modelo de los colectores.

Los colectores serán todos de la misma marca comercial y modelo: Swiss XX-SEL, tal y como se ha determinado en el apartado 2.1.4. Este es un colector plano, ya que este tipo de colectores son capaces de alcanzar temperaturas de trabajo suficientemente elevadas con condiciones desfavorables. Las características principales de los colectores Swiss XX-SEL se muestran en la Tabla 1.28.

Curva de rendimiento	$\eta = 0.848 - 3.93 \frac{T_e - T_a}{I_s} - 0.0186 \frac{(T_e - T_a)^2}{I_s}$
Superficie total	2,16 m ²
Superficie útil	2,0 m ²
Presión máxima de trabajo	3 bars
Absorvedor	AS+, acero inoxidable, capa selectiva de cromo negro
Absortancia	>0.94
Emitancia	<0,07
Conexiones	2xØ 1/2"

Tabla 1.28. Características principales del colector Swiss XX-SEL.

Número de colectores.

El número de colectores instalados será de 81, según los cálculos efectuados en el apartado 2.1.5.5. Los colectores se indicarán mediante los códigos desde CS-01 hasta CS-81.

Se instalarán al lado de la fachada este, colocados todos ellos sobre unos soportes metálicos, garantizando así que el propio edificio no haga sombra a los colectores. La inclinación respecto

la horizontal será de 60°, que es la que proporciona la máxima energía solar en invierno, y su orientación será sur, tal y como se ha calculado en el apartado 2.1.3

Dicha inclinación cumple con el RITE, exactamente con el ITE 10.1, donde se establece que a de estar entre la latitud (en grados) y la latitud más 20°, para una utilización perfecta en invierno. La latitud en la ciudad de Fraga es de 41.5°, de manera que la inclinación de los colectores ha de estar comprendida entre los 41.5° y los 61.5°, condición que se cumple. Además, con esta inclinación y con la orientación de los colectores, que estarán orientados al sur, siguiendo las recomendaciones del CTE, en su HE-4, establece que las pérdidas por orientación e inclinación deben ser menores que el 40%, obteniendo unas pérdidas máximas del 20%, tal y como se ha demostrado en el apartado 2.1.3.

Además, tal como se explica en el apartado 2.1.2.1, donde se ha determinado la energía necesaria para ACS, la contribución solar mínima, según la HE-4 del CTE, para una necesidad de 2.250 litros al día, ha de ser del 50%, pero en esta instalación, se cubrirá el 100% de la energía de ACS.

Como en verano no se necesita agua caliente para calefacción, el fluido del circuito solar no podrá circular por los serpentines de los depósitos de inercia DA-02 a DA-04 porque se cerrarán con dos válvulas de corte (VT-24 a VT29). Además, en vez de circular por todos los colectores instalados, solo circulará por 13 de ellos (CS-01 a CS-13), tal y como se ha determinado en el apartado 2.1.5.5. Los ajustes que hay que hacer en la instalación para poder llevar a cabo el cambio de temporada se describen en el apartado 4.2.1.4 del pliego de condiciones técnicas.

La razón por la que se hace esto es que con 13 colectores en verano se garantiza el 100% de la energía para ACS, produciéndose así menos pérdidas de carga en los conductos y disminuyendo el consumo eléctrico de la bomba de circulación. Se considerará periodo estival, del 1 de junio al 30 de septiembre, y periodo invernal del 1 de octubre al 31 de mayo

Sujeción.

Para sujetar los colectores y permitir su inclinación, estos se montarán sobre soportes homologados del mismo fabricante. Además, los soportes se colocarán sobre estructuras metálicas elaboradas especialmente para esta obra, las cuales habrán de resistir el peso del colector lleno de líquido, ver apartado 2.1.12, y dejarlos a una altura de 2.5m para que el tejado del edificio no haga sombra sobre ellos. Dichas estructuras serán de acero S275JR de sección

cuadrada de 6 cm y espesor 3 mm. Soldando las barras superiores mediante soldadura de penetración completa y colocando en la parte inferior una solera de 50 x 50 cm armada con 4 Ø 10 en donde se anclarán las patas de la estructura con una platina de 15 x 15 cm del mismo acero y con 4 pernos de 30 mm.

Separación entre filas de colectores.

La separación entre filas de colectores ha de permitir que no se hagan sombra entre ellos. En este sentido hay que cumplir la ITE 10.1 del RITE.

En el presente proyecto, se ha calculado la separación mínima entre filas de colectores, de acuerdo con la metodología de cálculo que se describe en el apartado 2.1.5.7 del anexo.

Según el RITE, se establece la separación mínima entre filas de colectores en 4151 mm, mientras que se ha dejado una separación entre dos filas sucesivas de 4200 mm.

Conexión.

Los colectores se conectarán en paralelo, en 9 filas. Cada fila tendrá 9 colectores, ver plano 3.14.

En cada fila los colectores se conectarán en retorno invertido, para poderlos equilibrar hidráulicamente. El retorno invertido consiste en disponer los conductos de tal manera que el fluido pase por la misma longitud de tubería en todos los colectores, para asegurar así que el caudal será el mismo en todos ellos. Para equilibrar las filas entre si, se instalará una válvula de equilibrado en el conducto de retorno de cada fila (VE-01 a VE-09). Estas válvulas serán de la casa comercial Tour&Andersson, modelo STAD-25.

Fluido caloportador.

Las dos sustancias para evitar que el fluido que circula por los colectores se congele en caso que la temperatura exterior baje de los 0°C, son el etilenglicol y el propilenglicol. Teniendo en cuenta que el segundo es prácticamente inocuo para la salud humana, se ha escogido éste para utilizarlo como anticongelante. Por tanto, el fluido caloportador será una mezcla de agua con un 30% en masa de propilenglicol. Los cálculos referentes a la mezcla agua-anticongelante se han desarrollado en el apartado 2.1.5.1 y los resultados se resumen en la Tabla 1.29.

El volumen de propilenglicol que se habrá de introducir en la instalación en el momento del llenado será de 198 litros. El llenado se hará por la parte baja de la instalación mediante un depósito en donde se realizará la mezcla garantizándose así la proporción de anticongelante en el fluido caloportador.

El caudal circulante del fluido caloportador por el circuito primario será de 1,4 L/s, por cada 100 m² de superficie de captación, ya que el RITE, en la ITE 10.1 especifica que ha de estar comprendido entre 1,2 y 1,6 L/s por cada 100 m².

Ya que la densidad del fluido caloportador es de 1.026 kg/m³, el caudal másico circulante será de 14,364 g/sm² (ver apartado 2.1.5.2).

Punto congelación (°C)	-14
% en masa de propilenglicol	30
% en volumen de propilenglicol	28
Densidad (kg / m³)	1,026
Calor específico (J / kg·°C)	3.914,7
Temperatura de trabajo (°C)	60
Viscosidad cinemática (m² / s)	0,26 · 10 ⁻⁷
Viscosidad dinámica (Pa · s)	0,95 · 10 ⁻³
Temperatura evulción a 100 KPa (°C)	102,22

Tabla 1.29. Propiedades del fluido caloportador.

1.8.2.2. Dimensionamiento de los conductos de la zona 1.

Según los cálculos del apartado 2.1.9, las tuberías serán de cobre del tipo M. Se ha escogido el cobre por sus buenas prestaciones; económico, pérdidas de carga reducidas debido a su baja rugosidad, alta resistencia a la corrosión y facilidad de montaje. El tipo de cobre es el M, ya que puede soportar las bajas presiones de la instalación sin necesidad de aumentar el espesor de la pared.

El diámetro de las tuberías del circuito primario será de 2-1/2" en la tubería principal, que irá desde la sala de máquinas hasta las derivaciones de los ramales de cada fila de colectores, donde los conductos pasarán a ser de 1-1/4". La longitud de conducto de 2-1/2" será de 100,90 m y 264,24 m de conducto de 1-1/4", ver plano 3.15.

Las tuberías se instalarán con una pendiente mínima de 1,1% para facilitar el vaciado de la instalación. Se sujetarán mediante unas abrazaderas cada metro lineal de tubería.

El aislamiento de las tuberías ha sido calculado en el apartado 2.1.11, de acuerdo con el apéndice 3.01 del RITE. Se aislarán aquellos tramos de tuberías que pasen por el exterior y los que pasen por el interior de dependencias no acondicionadas. Las características de los tramos aislados se pueden ver en la Tabla 1.30.

Local	d nominal	e_{\min} (mm)	e_{inst} (mm)	Tipo coquilla
Exterior	2-1/2"	23,95	28	9x79 + 19x89
Exterior	1-1/4"	14,30	19	19x42
Interior	2-1/2"	23,95	28	9x79 + 19x89

Tabla 1.30. Características de los aislamientos de los conductos de la zona 1.

El aislamiento será de la marca Isocell, fabricado con un elastómero extraído de celulosa cerrada de nitril-PVC. Es apto para ser instalado al exterior y tiene una resistencia al fuego M1. Para unir las coquillas de aislante se empleará cinta adhesiva de la misma marca.

1.8.2.3. Características de la bomba de circulación de la zona 1.

Según los cálculos del apartado 2.1.9.2, la bomba de circulación de la zona 1 debe vencer unas pérdidas de carga de 13.520 mm.c.a y proporcionar un caudal de 9 m³/h.

Se instalarán, par cumplir con el CTE, 2 bombas conectadas en paralelo, ya que la superficie de captación supera los 50 m².

Bomba de circulación escogida.

Las bombas instaladas serán centrífugas, ya que las bombas de este tipo pueden desenvolver una elevada potencia y tener un mantenimiento bajo y un coste inicial reducido. Pueden mantener un caudal constante suficientemente elevado, y tienen una gran posibilidad de regular el caudal según las necesidades. Por estas razones son las que más se utilizan en instalaciones solares térmicas.

Según el análisis del apartado 2.1.9.2.1, se ha escogido la bomba centrífuga SC-80-H de la marca ROCA ya que esta bomba cumple con las condiciones necesarias para proporcionar el caudal suficiente a la instalación y vencer las pérdidas de carga determinadas para el circuito, siendo la más económica. Las características de esta bomba se enumeran en la Tabla 1.31.

Tipo de bomba	Rotor sumergido
Nº velocidades	2
Juntas	Tóricas
Motor	Bitensión 230-400V
Presión máxima de trabajo	10 bar.
Potencia máxima	3.550 W
r.p.m. máxima	2.900
Temperatura trabajo	-20°C a 130°C

Tabla 1.31. Características principales de la bomba ROCA SC-80-H.

Las bombas se instalarán en la tubería de impulsión de fluido hacia los colectores, en la parte más baja del circuito, de manera que se evitará la cavitación de la bomba. El código de identificación será el BH-01 y BH-02, ver plano 3.11.

Cada bomba dispondrá de dos válvulas de bola, una a la entrada (VT-04 y VT-07) y otra en la salida (VT-06 y VT-09). Se instalará también un filtro de partículas sólidas en la aspiración (FT-01 y FT-02). Un manómetro (MN-01 y MN-02) leerá la presión a la salida de la bomba. Finalmente, una válvula de retención (VA-01) marca EUROPA asegurará el sentido de flujo.

1.8.2.4. Vaso de expansión de la zona 1.

El circuito de la zona 1 contará con un vaso de expansión para absorber las variaciones de volumen experimentadas por el fluido caloportador, debidas a los cambios de temperatura.

Según el cálculo del apartado 2.1.10, el volumen mínimo del vaso de expansión es de 69,06 litros, se instalará un vaso de expansión cerrado de membrana fija de la marca comercial ROCA, modelo VASOFLEX con una capacidad de 80 litros. Se identificará con el código VX-01.

El vaso de expansión se instalará en la aspiración de las bombas de circulación, ver plano 3.11.

1.8.2.5. Regulación y control de la zona 1.

Centralita de regulación.

La regulación automática de la zona 1 será llevada a cabo por la centralita de regulación con código CR-01, marca RESOL y modelo DeltaSol M, especialmente diseñada para sistemas con

más de un tanque de almacenamiento. Estará conectada a los siguientes elementos de medida y control:

- Sensor de irradiación SR-01 (zona 1).
- Sonda de temperatura del retorno solar ST-01 (zona 1).
- Electroválvula de tres vías ET-01 (zona 1).
- Bombas de circulación BH-01 y BH-02 (zona 1).
- Caldera de gas-oil CL-01 (zona 3).
- Bomba de circulación BH-03 (zona 4).
- Sonda de temperatura del depósito de ACS ST-02 (zona 2).
- Sondeas de temperatura de los depósitos de inercia ST-03, ST-04 y ST-05 (zona 4).

La centralita de regulación ejecutará 4 instrucciones a la vez y en bucle continuo:

Instrucción 1: regula como actúan los elementos de la zona 1, según la temperatura del depósito de ACS. En principio, la instalación solar proporcionará calor al depósito de ACS cuando la temperatura del depósito sea inferior a 60°C pero no superior a 65°C, siempre y cuando haya suficiente radiación solar. El valor de la radiación solar se ha fijado en 200 W/m², como valor por debajo del cual el rendimiento de los colectores se anula.

Instrucción 2: regula como actúan los elementos de la zona 1, según la temperatura del depósito de inercia. En principio, la instalación solar proporcionará calor al depósito de inercia cuando la temperatura del tanque sea inferior a 60°C, siempre que haya suficiente radiación solar.

Si la temperatura del agua del depósito de inercia es inferior a 60°C, y la energía solar no puede proporcionar calor suficiente, entrará en funcionamiento la caldera de gas-oil para que en los depósitos posteriores se pueda alcanzar una temperatura mayor.

Instrucción 3: su misión es evitar que el fluido caloportador del primario entre a los intercambiadores si no sale de los colectores a una temperatura superior a la del depósito, para evitar que el agua de los depósitos se enfríe.

Si se da esta situación, no se dejará que el fluido pase por los intercambiadores. En caso que haya suficiente radiación solar, se encenderá la bomba de circulación para intentar calentar el fluido hasta una temperatura que garantice la aportación solar. En caso contrario, se cerrará la bomba de circulación para evitar que funcione en vano, y que el fluido se enfríe al pasar por los colectores.

Instrucción 4: esta última controla la conexión de los captadores solares. Si la sonda de irradiación solar detecta que hay poca radiación, la centralita de regulación activa la electroválvula de tres vías de la zona 1 e impide que el fluido caloportador entre en los serpentines de los depósitos de ACS y en el de inercia, así se evita que el agua almacenada en ellos se enfríe.

Manómetros.

Se instalarán doce manómetros de aguja que leerán hasta 400 kPa relativos, para poder comprobar el correcto funcionamiento de la instalación. Los manómetros MN-01 y MN-02 se situarán después de las bombas de circulación y los MN-03 a MN-11 al retorno de cada fila de colectores. Cada manómetro se instalará con una T y una reducción de sección.

Sensor de irradiación.

Se encargará de medir la radiación solar en un momento determinado y transmitir los datos a la centralita de regulación, para saber si los colectores pueden funcionar correctamente o no. Se instalará uno de la marca Resol, modelo CS10.

Sonda de temperatura de retorno solar.

Será de tipo PT1000, estas sondas se basan en el hecho que a medida que aumenta la temperatura, los metales aumentan su resistencia eléctrica. El nombre PT1000 se debe a que están hechas de platino y presentan una resistencia de 1.000 ohms. Debido a la característica de la resistencia de 1000 ohms, este tipo de sondas están diseñadas para un rango de temperaturas

de 0°C a 85°C, que es el que necesitamos para nuestra instalación. Será de la marca Resol y modelo FKP 5,5, montada sobre una T de marca Resol y modelo T28.

Electroválvula de tres vías.

Será de tipo todo-nada, ya que han de permitir el paso o no hacia los respectivos serpentines de los depósitos. Para esta instalación se ha elegido el modelo SF 25 de la marca SALVADOR ESCODA.

1.8.2.6. Otros elementos de la zona 1.

Válvula de seguridad.

Se instalará una válvula de seguridad, para prevenir sobrepresiones o temperaturas excesivas en el circuito. La válvula de seguridad será de la marca comercial Salvador Escoda, fabricada en latón, y se le asignará el código VS-01. Su ubicación en el circuito se puede ver en el plano 3.10.

La presión máxima se establecerá en 300 kPa (3 bar) relativos ya que esta es la presión a partir de la cual las tuberías de los circuitos empezarían a fallar debido a sus propiedades, ya que se instalan conductos de cobre de tipo M, que soportan presiones bajas y además, esta es la presión máxima que pueden soportar los colectores SWISS XX-SEL. Las válvulas se podrán regular entre 200 y 800 kPa. El hecho de impedir sobrepresiones también protegerá el circuito de temperaturas excesivas del fluido caloportador, ya que, cuando el fluido empiece a hervir (a 102,2°C), los vapores aumentarán la presión y el fluido será evacuado sin más consecuencias.

Purgadores de aire.

En las partes altas de los colectores solares (conductos de retorno), se instalarán purgadores de aire automáticos para eliminar el aire que pueda eliminarse. En concreto se conectarán 10.

- Uno en el colector CS-13, que será el último de su fila en el periodo estival, cuando sólo funcionen los colectores necesarios para ACS.
- Uno en los colectores últimos de cada fila (CS-09, CS-18, CS-27, CS-36, CS-45, CS-54, CS-63, CS-72, CS-81).

Los purgadores serán de boya, de la marca comercial VOSS, modelo Purg-O-Mat 150 Solar, especialmente destinados a aplicaciones solares. Tendrán el código PI-01 a PU-10. Se conectarán con T's de cobre mediante reducciones de sección.

Válvulas de corte.

Las válvulas de corte manuales serán de bola, ya que permiten la regulación todo-nada que se necesita en la instalación. Serán de la marca Salvador Escoda, con códigos VT. La ubicación de estos elementos se puede ver en el plano 3.11.

1.8.3. Descripción de la zona 2.

Los elementos de la zona 2 tienen como misión obtener el agua fría de la red, calentarla dentro de un tanque y almacenarla para su posterior uso como ACS.

El listado de elementos presentes en los planos incluidos dentro de la zona 2 se pueden ver en la Tabla 1.32.

Código	Elemento
DA-01	Depósito acumulación ACS
FT-03	Filtro
VR-01	Válvula reguladora de presión
VS-02	Válvula de seguridad
VT-30 a VT-32	Válvula de bola
VA-11 a VA-12	Válvula antirretorno
ST-02	Sonda temperatura depósito
MN-13	Manómetro de presión

Tabla 1.32. Listado de elementos de la zona 2.

1.8.3.1. Depósito acumulador de ACS.

Su función es almacenar agua caliente para el consumo de ACS. Tendrá una entrada de agua fría de la red y una salida de agua caliente para el consumo que pasará por la caldera, donde esta se pondrá en funcionamiento dependiendo si la temperatura del fluido es la de consumo o no (60°C). Dispondrá de un serpentín intercambiador por donde circulará el fluido caloportador proveniente de los colectores.

El acumulador de ACS contendrá agua a 65°C, para cumplir con las especificaciones del informe UNE 100030 “Guía para la prevención y control de la proliferación y diseminación de legionela en instalaciones”. Posteriormente, y ya fuera del alcance de este proyecto, el ACS se distribuirá para el consumo a 60°C, siendo necesario mezclar el agua de salida del depósito con el agua fría de la red.

El volumen del depósito de acumulación, calculado en el apartado 2.1.8, será de 2.000 litros, cumpliendo con la HE-4 del CTE, que especifica que, con los datos del presente proyecto, este volumen mínimo ha de estar entre 1.800 y 2.250 litros.

El depósito de acumulación de ACS será de la marca LAPESA, modelo MV-2000- SSB, cuyas características se muestran en la Tabla 1.33.

Volumen acumulación (L)	2.000
Superficie de intercambio del serpentín	4.5
Potencia eléctrica de la resistencia	12 kW
Material del depósito	Acero St 44.2
Protección contra la corrosión	Ánodo de magnesio
Material aislante	Poliuretano inyectado
Espesor aislamiento	80 mm

Tabla 1.33. Características del depósito de ACS.

Sonda de temperatura

La sonda ST-02 del depósito de ACS será de tipo PT 1000 e irá envainada para poder leer la temperatura del interior del depósito. Será de la marca comercial Resol, modelo FKP 150.

Conexiones del serpentín.

De acuerdo con las exigencias del CTE, los depósitos acumuladores de ACS contarán con una válvula de cierre y una válvula antirretorno en la entrada y salida del serpentín intercambiador. Las válvulas de cierre serán de bola, marca Salvador Escoda, con los códigos VT-22 y VT-23. Las válvulas antirretorno serán de la marca EUROPA, con códigos VA-03 y VA-04, ver plano 3.11.

1.8.3.2. Otros elementos de la zona 2.

Válvula reductora de presión.

Se instalará una válvula reductora en la entrada del agua fría de la marca RINOX. Se le asignará el código de identificación VR-01.

Filtro

Se instalará a continuación de la válvula reductora de presión. Será de la marca Salvador Escoda y tendrá el código FT-02.

Válvulas de seguridad

Serán de la marca comercial Salvador Escoda, fabricada en latón y se le asignará el código VS-05. La presión máxima se establecerá en 300 kPa relativos, pero se podrá regular entre 200 y 800 kPa. Se establece esta presión como la máxima debido a las propiedades que tienen los conductos instalados en los circuitos.

Válvulas de cierre

Será de bola, de la marca Salvador Escoda, y servirá para aislar el acumulador de ACS de la red. Se le asignará el código de identificación VT-26.

Los elementos de la zona 2 se pueden ver en el plano 3.11.

En este proyecto no se estudia los conductos de ACS para abastecer la instalación, esta parte será determinada por la parte que se encargue de dicha instalación.

1.8.4. Descripción de la zona 3.

La función principal de los elementos de la zona 3 es calentar, en caso necesario, el agua proveniente de los depósitos de acumulación, tanto el de ACS como los de inercia, a las condiciones establecidas para su uso. El agua circulará directamente desde la conexión de ida del tanque hasta la caldera, de donde será distribuida hacia el circuito de calefacción y el de ACS.

El listado de elementos presentes en los planos de la zona 3 se pueden ver en la Tabla 1.34.

Código	Elemento
CL-01	Caldera de gas-oil
VT-36 a VT-37	Válvula de corte

Tabla 1.34. Listado de elementos de la zona 3.

En invierno, la caldera se programa para que se active cuando la temperatura de los tanques de almacenamiento (DA-02 a DA-04) sea inferior a 65°C, y para hacer el apoyo de calefacción cuando los colectores solares no puedan suministrar suficiente energía.

La caldera estará gobernada por la centralita de regulación (CR-01), independiente del circuito de calefacción de los aerotermos.

1.8.4.1. Características de la caldera.

Según los cálculos del apartado 2.1.6, la potencia necesaria de la caldera es de 41,99 kW.

En el apartado 2.1.6.1 se han analizado algunas de las calderas que se podrían instalar, escogiéndose la caldera modelo 40 confort, de la marca comercial LIDIA, que es capaz de proporcionar una potencia de hasta 48,3 kW, además de ser la que tiene un coste menor.

Se trata de una caldera de alto rendimiento, de funcionamiento totalmente automático, con una cámara de combustión de 3 pasos de humos que maximiza el intercambio de calor y reduce las emisiones. En la Tabla 1.35 se muestran las características técnicas de la caldera escogida.

Características Técnicas
Cuadro de regulación y control CC-131
Potencia mínima: 29,1 kW
Potencia máxima: 38,4 kW
Capacidad de agua: 24 litros
Rendimiento comb.: 94%
Conductos Ida/Vuelta: 1-1/4"
Desagüe: 1/2"
Peso: 189 kg

Tabla 1.35. Características técnicas de la caldera Lidia 35.

Se ubicará en la sala de máquinas, al lado del depósito de ACS. Se colocará sobre un soporte metálico unido al suelo mediante unos tacos de goma que servirán para absorber las vibraciones, ver plano 3.19.

La caldera está conectada a la salida del depósito de ACS y de los depósitos de inercia, mediante una válvula de corte, ver plano 3.12.

1.8.4.2. Dimensiones de los conductos de la zona 3.

Los conductos serán de cobre, de tipo M. El diámetro de los tubos del circuito de la zona 3 será de 2" en todos los tramos, con una longitud total de 9,41 m,

Los conductos se instalarán con una pendiente mínima del 1%, para facilitar el vaciado de la instalación. Se sujetarán al suelo mediante una abrazadera por cada metro lineal de conducto.

El aislamiento de los conductos ha sido calculado en el apartado 2.1.11, de acuerdo con el apéndice 3.01 del RITE. Se aislarán aquellos tramos de conducto que pasen por el exterior y los que pasen por el interior de dependencias no acondicionadas (como es nuestro caso). Las características de los tramos aislados se pueden ver en la Tabla 1.36.

Local	d nominal	e_{\min} (mm)	e_{inst} (mm)	Tipo coquilla
Interior	2"	17,54	19	19x60

Tabla 1.36. Características de los aislamientos de los conductos de la zona 3.

Las coquillas serán de la marca ISOCELL, para unir las se empleará cinta adhesiva de la misma marca.

Los elementos de la zona 3 se pueden ver en el plano 3.12.

1.8.5. Descripción de la zona 4

La función principal de los elementos de la zona 4 es garantizar el confort térmico de los ocupantes del edificio mediante los aerotermos.

El listado de elementos presentes en los planos incluidos dentro de la zona 4 se pueden ver en la Tabla 1.37. EL agua que circulará por el circuito de la zona 4 se almacenará en los depósitos de

inercia (DA-02 a DA-04), que estarán conectados con la caldera de gasoil y los colectores solares.

Código	Elemento
DA-02 a DA-04	Depósito acumulador de inercia
BH-03	Bomba de circulación
AT-01 a AT-29	Aerotermos
ST-03 a ST-05	Sonda de temperatura de inmersión del
VS-02 a VS-04	Válvula de seguridad del depósito de inercia
FT-04	Filtro de aspiración de la bomba
PA-11 a PA-13	Purgador del depósito de inercia
PU-14 a PU-18	Purgador de los circuitos de aerotermos
VE-10 a VE-41	Válvula de equilibrado del circuito de
MN-14 a MN-17	Manómetro de aguja
VT-33 a VT-105	Válvulas de corte
VA-13 a VA-16	Válvulas antirretorno

Tabla 1.37. Listado de elementos de la zona 4.

El agua adquiere la impulsión necesaria gracias a la bomba de circulación BH-03 y es dirigida a las diferentes dependencias del edificio, ver plano 3.12.

Los aerotermos que se instalan en el edificio son de la casa comercial JUNCKER, modelo X 142. Se han colocado, en cada dependencia del edificio, un aerotermo, encargado de proporcionar la temperatura de confort de dicha dependencia.

El diseño de la instalación de aerotermos en el edificio está sujeto a condiciones de alcance de los aerotermos. Se ha instalado un aerotermo en cada dependencia, teniendo en cuenta el alcance de los aerotermos y las dimensiones de las dependencias a climatizar.

La instalación consta de 29 aerotermos. Se ha colocado una válvula de bola a la entrada y salida del aerotermo, para poder cortar el circuito y reparar el aparato en caso de ser necesario. Los códigos de las válvulas de bola son VT-41 a VT-98. También se ha colocado a la entrada de cada aerotermo, una válvula de equilibrado (VE-10 a VE-38).

En el final de cada tubería secundaria, se ha instalado un purgador para sacar el aire de los conductos (PA-14 a PU-18).

La distribución de los aerotermos en el edificio se puede ver en los planos 3.16, 3.17 y 3.18.

1.8.5.1. Valvulería de la zona 4

Valvulas de corte

Permitirán cerrar el flujo de entrada y salida a los aerotermos, se instalarán dos de esfera a la entrada y salida de los aerotermos de la marca Salvador Escoda de 1-1/4”.

1.8.5.2. Depósitos de Inercia

La misión de los acumuladores de inercia (DA-02 a DA-04) es almacenar energía calorífica en forma de calor sensible, para poder suministrar agua caliente a los circuitos de calefacción. Esta acumulación reduce el consumo de gas-oil ya que hace trabajar menos la caldera de gas-oil por el hecho de reducir el salto térmico del agua que debe de calentar.

La conexión de los acumuladores de inercia se realizará en paralelo. Para cumplir con la HE-4 del CTE que indica que la aportación de energía auxiliar no puede estar directamente conectada a un depósito que está conectado al circuito de captación solar, se conectará la salida de los acumuladores a la caldera de gasoil. El circuito primario cederá calor directamente a los depósitos mediante los serpentines de intercambio, ver plano 3.12. A la salida de los depósitos de acumulación DA-02 a DA-04 se instalará una válvula de equilibrado con el fin de conseguir que el circuito esté equilibrado hidráulicamente VE-10 a VE-12. Estas válvulas serán de la casa comercial Tour&Anderson, modelo STAD-25.

Según los cálculos desarrollados en el apartado 2.1.7, el volumen del depósito de inercia ha de estar cercano a 12.150 L. Los tanques que se instalarán serán de la marca comercial LAPESA, colocándose tres del modelo MV-4000-I. Las características más destacadas de los depósitos de acumulación se pueden ver en la Tabla 1.38.

Características	MV-4000-I
Volumen de acumulación	4.000 L
Temp. acumulación máxima	110 °C
Presión máx. de trabajo	8 bar
Conexiones serpentín	1 “
Resto conexiones	1-1/2”

Tabla 1.38. Características de los depósitos de inercia utilizados, marca LAPESA.

1.8.5.3. Dimensiones de los conductos de la zona 4.

Según los cálculos del apartado 2.1.9, los conductos serán de cobre, de tipo M.

El diámetro de los conductos en la zona 4 serán, de 2" para los conductos principales (que serán los que van desde los depósitos de inercia hasta la desviación del circuito de calefacción), El resto de tramos, los que abastecen los aerotermos, serán de 1-1/4", excepto el tramo que va desde la salida del cuarto de máquinas hasta el aerotermo AT-11, que será de 1-1/2", ver planos 3.16, 3.17 y 3.18.

La longitud total de conducto de 2" es de 15,70 m, de 1-1/2" es de 32,24 m, y de 1-1/4" es de 181,8 m. Los conductos se instalarán con una pendiente mínima del 1,1%, para facilitar el vaciado de la instalación, se sujetarán en las paredes mediante una abrazadera colocada cada metro lineal de conducto. En el caso que los conductos vayan incrustados en la pared, se protegerán con tubo rugoso de PVC.

El aislamiento de los conductos ha estado calculado en el apartado 2.1.11, de acuerdo con el apéndice 3.01 del RITE. Se establece que se deben aislar aquellos tramos de conducto que pasen por el interior de dependencias no condicionadas. Las características de los tramos aislados se pueden ver en la Tabla 1.39.

Local	d nominal	e_{\min} (mm)	e_{inst} (mm)	Tipo coquilla
Interior	1-1/4"	14,30	19	19x42
Interior	1-1/2"	15,34	19	19x48
Interior	2"	17,54	19	19x60

Tabla 1.39. Características de los aislamientos de los conductos de la zona 4.

El aislamiento será de la marca ISOCELL, para unir las coquillas de aislamiento, se utilizará cinta adhesiva de la misma marca.

1.8.5.4. Características de la bomba de circulación de la zona 4.

Requisitos

Según los cálculos del apartado 2.1.9.3, la bomba de circulación de la zona 4 ha de vencer unas pérdidas de carga de 3.529 mm.c.a, y proporcionar un caudal de 2,43 m³/h.

Bomba de circulación escogida

La bomba instalada será centrífuga. Se ha seleccionado, siguiendo las indicaciones del apartado 2.1.9.3.1, la bomba PC 1045 de la marca ROCA. Las características de esta bomba se enumeran en la Tabla 1.40.

Potencia máxima	205 W
Altura máxima	7.500 mmca
Caudal máximo	6,8 m ³ /h
Presión máxima de trabajo	10 bars
Número de velocidades	3
Intensidad máxima	0,43 A
Alimentación eléctrica	Monofásica 230
Conexiones hidráulicas	1-1/4"

Tabla 1.40. Características principales de la bomba ROCA PC 1045.

La bomba se instalará en la parte más baja de la instalación, de manera que se evitará la cavitación de la misma. Esta bomba se identificará con el código BH-03, ver plano 3.12.

La bomba dispondrá de dos válvulas de bola, una a la entrada (VT-41) y una a la salida (VT-42). Se instalará, también, un filtro de partículas sólidas en la aspiración (FT-04). Un manómetro (MN-17) leerá la presión a la salida de la bomba. Finalmente, una válvula de retención (VA-16) asegurará el sentido del flujo a la salida de la bomba.

1.8.5.5. Regulación y control de la zona 4

Las sondas ST-03, ST-04 y ST-05 serán de tipo PT1000, e irá envainada para poder leer la temperatura de l interior del tanque. Se colocará a media altura, para poder obtener lecturas reales. Será de la marca comercial RESOL, modelo FKP 150.

1.8.5.6. Otros elementos de la zona 4

Llenado y vaciado del depósito de inercia

Se instalarán dos válvulas de bola de la marca ROCA a la entrada inferior de los depósitos, por donde se podrá llenar o vaciar estos. Tendrán los códigos VT-102 a VT-104. La utilización de estas válvulas se explica en el apartado 4.2.1.4.

Purgadores de los depósitos de inercia

Será de tipo automático, y se ubicará a la parte superior de los tanques de inercia, antes de la válvula de seguridad. Se le asignaran los códigos PA-11 a PA-13.

Válvula de seguridad

Se instalará una válvula de seguridad para prevenir sobrepresiones o temperaturas excesivas en el circuito. Serán de la marca comercial Salvador Escoda fabricadas en latón, y se les asignará los códigos VS-02 a VS-04. Se ubicará a la salida superior de los depósitos de inercia.

La presión máxima se establecerá en 300 kPa relativos, pero se podrá regular entre 200 y 800 kPa, gracias al sistema de regulación que incorpora la válvula de seguridad.

Manómetro

Se instalará uno en el conducto de salida de los depósitos de inercia, de tipo aguja, que leerá hasta 400 kPa relativos para poder comprobar el correcto funcionamiento de la instalación. Tendrán los códigos MN-14, MN-15 y MN-16, y se colocará con una T y una reducción de sección.

1.9. PLANIFICACIÓN

A continuación se describen las tareas realizadas y el tiempo invertido en ellas. Más adelante se muestra un diagrama de Gant que representa de una manera gráfica como se han llevado a cabo los trabajos.

1.9.1. Definición de las tareas.

Normativa y reglamentación: buscar todas aquellas disposiciones legales que afectan al proyecto. Duración: 45 días.

Información bibliográfica: buscar libros y manuales técnicos con referencias sobre energía solar y sistemas de calefacción. Duración: 60 días.

Análisis de los requisitos: describir el edificio, elaborar los planos que describen el edificio para poder proceder con los cálculos. Duración: 75 días.

Análisis de las soluciones: sintetizar la información obtenida y analizar los pros y contras de las diferentes alternativas, para escoger la que más se adapta al proyecto. Duración: 165 días.

Selección de componentes: recoger catálogos de componentes para determinar los elementos que se instalarán. Duración: 30 días.

Cálculo de las necesidades energéticas: determinar la potencia necesaria de calefacción y agua caliente sanitaria. Duración: 60 días.

Cálculo de la instalación solar: determinar la radiación solar disponible en la ciudad, el número óptimo de colectores solares, las propiedades del fluido caloportador, etc. Duración: 90 días.

Otros cálculos: determinar el volumen del vaso de expansión, determinar el volumen de los depósitos de inercia y del depósito de ACS, determinar las pérdidas de carga del circuito y el aislamiento de los conductos. Duración: 90 días

Memoria: redactar esta parte del proyecto. Duración: 285 días.

Anexos: redactar esta parte del proyecto. Duración: 255 días.

Planos de las instalaciones: elaborar los documentos gráficos de las vistas de las instalaciones solares, de calefacción y de ACS. Duración: 150 días.

Pliego de Condiciones: redactar esta parte del proyecto. Duración: 30 días.

Estado de Mediciones: redactar esta parte del proyecto. Duración: 15 días.

Presupuesto: redactar esta parte del proyecto. Duración: 30 días.

Estudio de viabilidad: calcular el periodo de retorno de la instalación. Duración: 30 días.

1.9.2. Diagrama de Gantt.

En la Tabla 1.41 se muestra el diagrama de Gantt del presente proyecto.

Tareas a realizar	Mes	Abr		May		Jun		Jul		Ago		Sep		Oct		Nov		Dic		Ene		Feb		Mar		Abr	
	Quincena	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Normativa y reglamentación																											
Información bibliográfica																											
Análisis de los requisitos																											
Análisis de las soluciones																											
Selección de componentes																											
Cálculo de las necesidades energéticas																											
Cálculo de la instalación solar																											
Otros cálculos																											
Memoria																											
Anexos																											
Planos de la instalación																											
Pliego de condiciones																											
Estado de mediciones																											
Presupuesto																											
Estudio viabilidad																											

Tabla 1.41. Diagrama de Gant del proyecto.

1.10. CONCLUSIONES

Para poner punto y final, el autor resumirá brevemente y a modo de comentario las conclusiones extraídas tras la realización del proyecto.

En el presente proyecto, se describe el diseño de una instalación solar térmica para ACS y calefacción en un polideportivo de Fraga.

Esta instalación permite obtener agua caliente sanitaria y cubrir parte de las necesidades de calefacción no solo de manera económica, ya que la energía aportada para la instalación solar significa un ahorro en combustible, sino también de una manera más respetuosa con el medio ambiente, ya que este ahorro en combustible se traduce en una disminución de emisiones de CO₂ a la atmósfera, a la vez que no hay que olvidar que se trata de energía renovable y no de un combustible fósil.

El presupuesto total de la instalación asciende a 150.243,39 Euros, que gracias a las subvenciones del gobierno de Aragón, se vería reducido a 105.170,38 Euros. El periodo de retorno de la instalación, en caso de recibir subvenciones, será de 3 años, en función de la evolución de la economía, mientras que si no se reciben subvenciones, el periodo se incrementa a 5 años.

En definitiva, la instalación solar no es barata, pero por lo visto, el periodo de amortización es bastante reducido, por lo que es una buena inversión. Además, al utilizar la energía renovable, reducimos el consumo de energías contaminantes y se contribuye a disminuir el cambio climático.

1.11. AGRADECIMIENTOS

El autor del presente proyecto no lo quiere concluir sin agradecer sinceramente la ayuda prestada por la Doctora Lluïsa F. Cabeza Fabra, directora del proyecto, por los profesores y compañeros de la Escola Politècnica Superior, y por los familiares y amigos, a todos ellos les agradezco su apoyo.

2. ANEXOS

INDICE ANEXOS

2. ANEXOS.....	111
INDICE ANEXOS.....	112
2.1 CÁLCULOS.	114
2.1.1 Cálculo de las cargas térmicas.	114
2.1.1.1. Descripción del programa DpClima.....	114
2.1.1.2. Datos introducidos para calcular las cargas térmicas.....	121
2.1.1.3. Resultados cargas térmicas, DpClima.....	135
2.1.1.4. Resumen resultados cargas térmicas.....	164
2.1.2 Cálculo de la energía necesaria para calefacción y ACS.	165
2.1.2.1. Energía necesaria para ACS.....	165
2.1.2.2. Energía necesaria para calefacción.	169
2.1.2.3. Energía Total.....	169
2.1.3. Cálculo de la radiación solar incidente.	170
2.1.4. Selección del tipo de captador solar plano.	182
2.1.5. Cálculo de las instalaciones solares.....	191
2.1.5.1. Cantidad de anticongelante en el circuito primario.....	192
2.1.5.2. Caudal del circuito primario.....	196
2.1.5.3. Rendimiento de los colectores.....	196
2.1.5.4. Factor captador- intercambiador.	197
2.1.5.5. Cálculo de la superficie colectora necesaria.....	199
2.1.5.6. Pérdidas de carga en los colectores.	202
2.1.5.7. Distancia entre filas de colectores.....	203
2.1.6. Cálculo de la potencia de la caldera.	205
2.1.6.1. Selección de la caldera.....	206
2.1.7. Cálculo del volumen del depósito de inercia.....	207
2.1.8. Cálculo del depósito de ACS.	208
2.1.9. Cálculo de las pérdidas de carga.....	208
2.1.9.1. Método de cálculo.....	208
2.1.9.2. Pérdidas de carga del circuito de la zona 1.	212
2.1.9.3. Pérdidas de carga del circuito de la zona 4.	218
2.1.10. Cálculo del vaso de expansión.....	227

2.1.10.1. Método de cálculo.	228
2.1.10.2. Vaso de expansión de la zona 1.	229
2.1.11. Cálculo del aislamiento de los conductos.	232
2.1.12. Calculo de la resistencia estructural de los soportes de los colectores.....	235
2.2 CATALOGOS Y COMPONENTES	237
2.3 TABLAS Y DIAGRAMAS	238
2.3.1 Información utilizada para la descripción de los cerramientos.	238
2.3.2 Información utilizada para los cálculos de cargas térmicas.....	240
2.3.3 Información necesaria para los cálculos de calefacción y ACS.....	242
2.3.4 Información utilizada para los cálculos de la radiación solar incidente.	244
2.3.5. Información utilizada para la selección del colector solar.	245
2.3.6. Información utilizada para los cálculos de la instalación solar.....	246
2.3.7. Información utilizada para el cálculo de las pérdidas de carga.....	248
2.3.8. Información utilizada para el cálculo del vaso de expansión.	250

2.1 CÁLCULOS.

2.1.1 Cálculo de las cargas térmicas.

En este apartado, se calculan las necesidades de calor que existen en el edificio objeto del proyecto, a fin de conseguir que este se mantenga en las condiciones térmicas estándares de confort térmico para estos edificios.

Para poder hacer un dimensionamiento ajustado de los equipos de calefacción, hay que considerar la máxima carga térmica de la instalación. La mayoría de instalaciones tienen el momento de máxima carga sobre las 7 horas solares del mes de febrero para calefacción, siempre teniendo en cuenta el hemisferio norte, donde está situado el edificio.

Cuando se habla de cargas térmicas, se refiere a todos los fenómenos que tienden a modificar tanto la temperatura como la humedad relativa del local.

Está claro que el cálculo de las cargas térmicas de un local, realizado a mano, resulta muy laborioso y únicamente permite hacerlo para un instante concreto (hora solar de un día de un mes concreto). Para poder hacer el cálculo de las cargas térmicas durante el periodo considerado, se ha utilizado un programa informático, que permite realizar los cálculos de manera más rápida y teniendo en cuenta el período considerado. Además, tiene en cuenta muchos parámetros que serían muy costoso de tener en cuenta si el cálculo se realizara a mano. Este programa, también permite realizar el cálculo de la máxima carga térmica que se necesita para cada habitación individual, para cada zona o para todo el edificio en conjunto.

El programa utilizado para realizar estos cálculos es el DpClima. Con este programa, se consigue agilizar este trabajo y poder entrar en detalles más interesantes desde el punto de vista del diseño.

2.1.1.1. Descripción del programa DpClima.

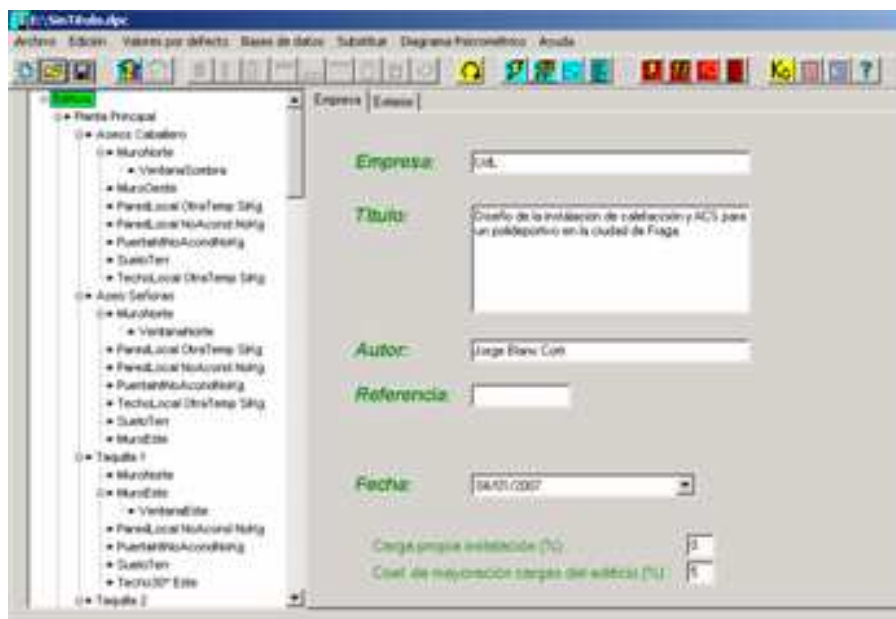
Ya que se utiliza un programa informático para realizar los cálculos de las cargas térmicas, a continuación se intenta hacer un pequeño resumen del programa DpClima, así como los pasos que se han seguido para introducir los datos al programa.

Empezamos por abrir el programa DpClima en el ordenador y seleccionamos la opción *Proyecto Nuevo*.

Se abren dos pestañas:

Empresa: Define las características de la empresa, título, autor (Figura 2.1).

Exterior: Seleccionar las características y condiciones de la ciudad donde se ejecuta la obra tanto en verano como en invierno (Figura 2.2).



Empresa: [Campo de texto]

Título: [Campo de texto: Diseño de la instalación de calefacción y ACS para un polideportivo en la ciudad de Fraga]

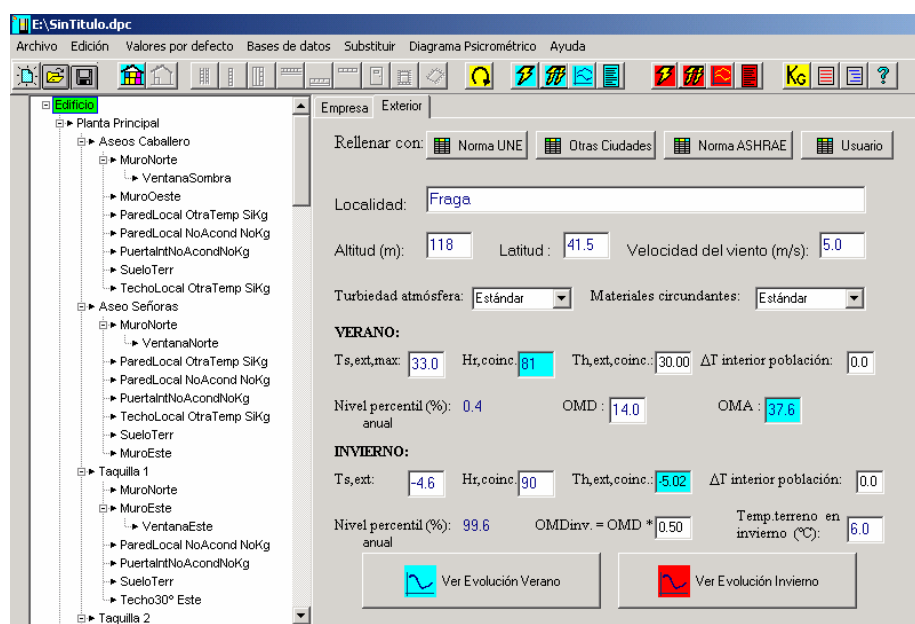
Autor: [Campo de texto: Jorge Blanc Corti]

Referencia: [Campo de texto]

Fecha: [Campo de texto: 04/01/2007]

Carga propia instalación (%): [Campo de texto: 3]

Coste de mayoración térmica del edificio (%): [Campo de texto: 5]

Figura 2.1. Datos generales.


Rellenar con: [Norma UNE] [Otras Ciudades] [Norma ASHRAE] [Usuario]

Localidad: [Fraga]

Altitud (m): [118] **Latitud:** [41.5] **Velocidad del viento (m/s):** [5.0]

Turbiedad atmósfera: [Estándar] **Materiales circundantes:** [Estándar]

VERANO:

Ts, ext, max: [33.0] **Hr, coinc:** [81] **Th, ext, coinc:** [30.00] **ΔT interior población:** [0.0]

Nivel percentil (%) anual: [0.4] **OMD:** [14.0] **OMA:** [37.6]

INVERNO:

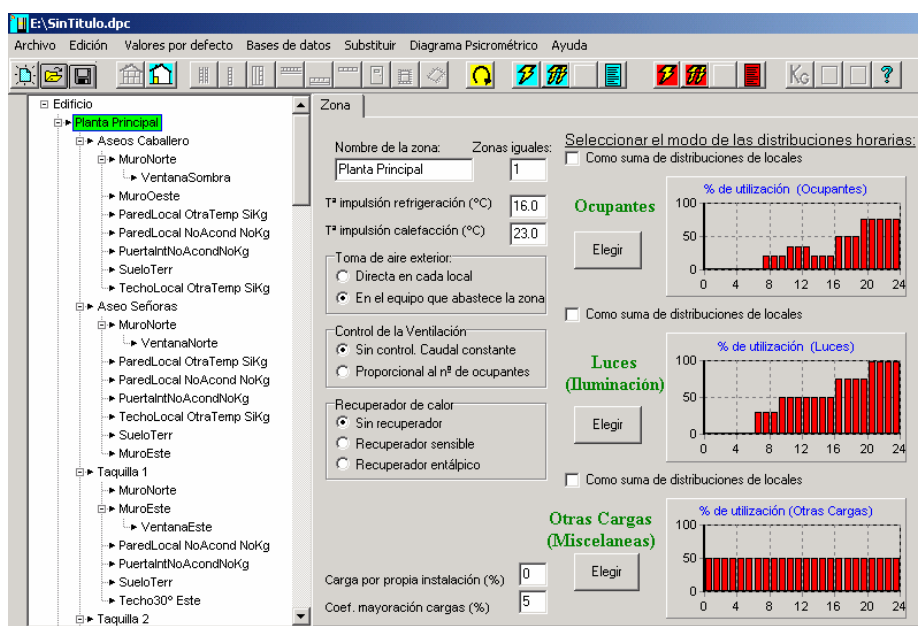
Ts, ext: [-4.6] **Hr, coinc:** [90] **Th, ext, coinc:** [-5.02] **ΔT interior población:** [0.0]

Nivel percentil (%) anual: [99.6] **OMD inv. = OMD * [0.50]** **Temperatura terreno en invierno (°C):** [6.0]

Ver Evolución Verano **Ver Evolución Invierno**

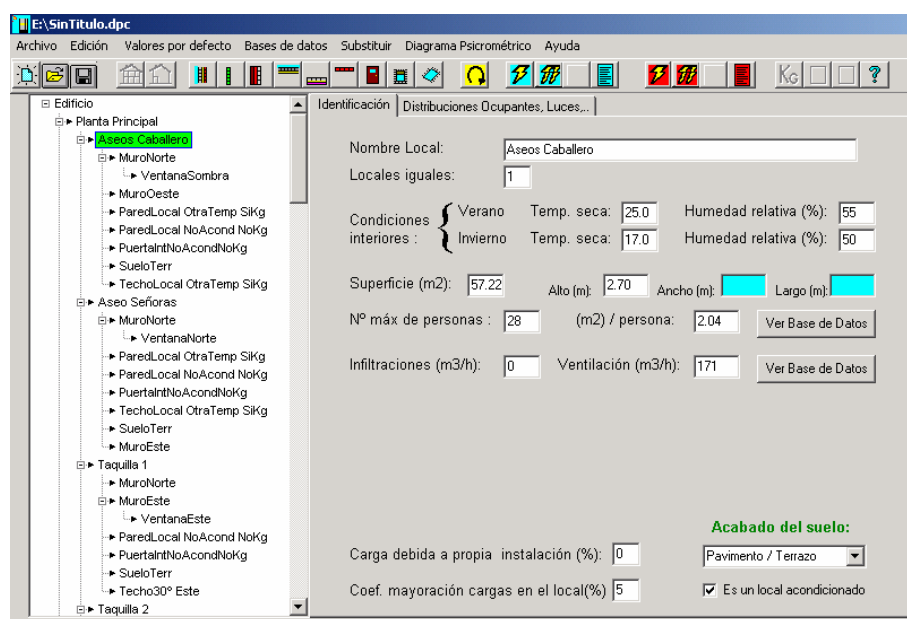
Figura 2.2. Condiciones de la ciudad.

Una vez introducido estos datos en el programa, ya se puede empezar a introducir las diferentes zonas del edificio y sus características, se activa la casilla *Añadir zona*. Esta casilla permite descomponer el edificio en diferentes zonas, si así se cree conveniente, como diferentes plantas en un edificio, etc. (Figura 2.3)


Figura 2.3. Definición de zonas dentro del edificio.

Una vez definidas las zonas, se activa la casilla *Añadir Local*, que nos permite definir las características de cada dependencia de la zona considerada.

Primero aparece la pestaña *Identificación*, donde se define el nombre, condiciones de temperatura, humedad, dimensiones, numero de personas y ventilación del local, ver Figura 2.4.


Figura 2.4. Pestaña Identificación permite definir las características del local.

En la segunda pestaña, *Distribuciones ocupantes, luces y otras cargas*, se definen el número de ocupantes y el trabajo que se realiza, la cantidad de luz y el tipo de ésta, así como otros tipos de cargas adicionales, ver Figura 2.5. Estas cargas térmicas se definen teniendo en cuenta el porcentaje de utilización de cada una de ellas.

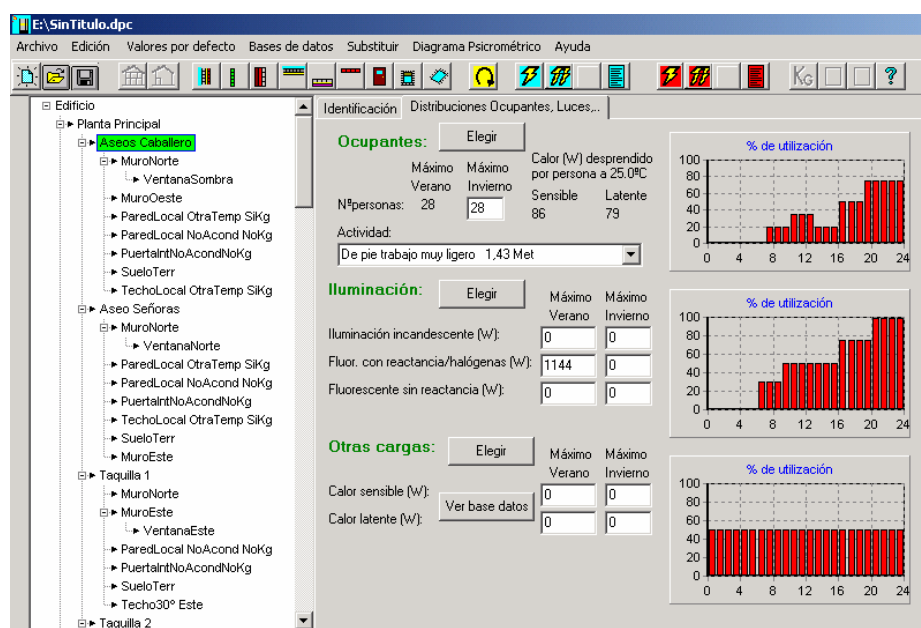


Figura 2.5. Pestaña distribuciones ocupantes, luces y otras cargas.

Para realizar el estudio del presente proyecto, se han tenido en cuenta diferentes locales u zonas dentro del edificio, tal y como se muestra en la Tabla 2.1.

Planta Principal	Primera Planta	Planta Sótano
Pista Polivalente – no	Sala de Juntas	Gimnasio
Aseo Caballeros	Oficina 1	Almacén –no acondicionado-
Aseo Señoras	Oficina 2	Vestuario 1
Bebidas –no acondicionado-	Oficina 3	Vestuario 2
Taquilla 1	Oficina 4	Paso 1 –no acondicionado-
Taquilla 2	Paso 1 –no acondicionado-	
Paso 1 –no acondicionado-		
Conserje		
Limpieza –no acondicionado-		
Luz –no acondicionado-		
Cuarto de Maquinas –no		
Enfermería		
Vestuarios (6)		
Vestuario Monitor (4)		
Aseos (2)		
Vestíbulos (2)		
Almacenes (2) –no acondicionados-		
Paso 2 –no acondicionado-		
Almacén 3 –no acondicionado-		
Vestuario 1		
Vestuario 2		
Paso3 –no acondicionado-		
Escenario –no acondicionado-		
Almacén Escenario –no		

Tabla 2.1 Zonas y locales tenidos en cuenta para el cálculo.

Una vez definidos los locales de las zonas, hay que añadir a los locales las paredes, techos y suelos, diferenciando si estos cerramientos son al exterior, al terreno, o colindantes con otro local.

Para poder añadir estas características a los locales, primero hay que escoger el tipo de cerramiento. Existen unas estructuras ya definidas por el programa (Figura 2.6), pero también existe la posibilidad de definir el cerramiento adecuado (Figura 2.7).

Base de datos general

Tipo	K	Peso
Muro exterior	1.59	927
mur piedra 2 prueba	0.422	382.2
EXTERIOR	0.6	164
Muro_Blanco	0.781	11.97
Exterior	0.549	173.52
EXTERIOR	1.32	132.8
fachada1b	0.14	351.2
LM11CA5LH4	1.6	297
Muro_Blanco	0.366	589.75
LM11FV5LH4	0.557	298

Cerramientos de este proyecto

Tipo	K	Peso
Muro Exterior	0.37	655.5
Muro Exterior	0.81	177.2

Cámara de aire (0.01 m)
 Hormigón en masa (0.3 m)
 Ladrillo Macizo (0.115 m)

☒ Muro Específico
☐ Sin inercia 25kg/m2
☐ Ligero 170 kg/m2
☐ Medio 275 kg/m2
☐ Pesado 500 kg/m2
☐ Muro cortina 150 kg/m2
☐ Muro cortina 260 kg/m2

Bloque Hueco Hormigón 1000 (0.19 m)
 Poliestireno Tipo V (0.05 m)
 Ladrillo Perforado (0.29 m)

Figura 2.6. Estructuras constructivas definidas ya por el programa.

Crear nuevo tipo de muro:

Lista de materiales

Nombre	m	W/m²C	Kg/m3	J/Kg°C
Rebosado de yeso con perla	0.02	0.18	800	879
Pelladas de Pasta de Agarre	0.015	0.6	1000	900
tancament vertical	0.2	0.0834	1	1
Enlucido de yeso	0.01	0.3	800	879
Enlucido de yeso	0.015	0.3	800	879
Enlucido de yeso	0.02	0.3	800	879
Mortero de agarre	0.02	0.6	1000	879
Enfoscado de cemento	0.01	1.4	2000	879
Enfoscado de cemento	0.015	1.4	2000	879
Enfoscado de cemento	0.02	1.4	2000	879
Ladrillo Macizo	0.04	0.87	1800	879
Ladrillo Macizo	0.053	0.87	1800	879
Ladrillo Macizo	0.065	0.87	1800	879
Ladrillo Macizo	0.09	0.87	1800	879

Nombre del muro:

Nombre	m	m² °C/W	Kg /m²

Nombre	m	m² °C/W
Cámara de aire	0.01	0.14
Cámara de aire	0.02	0.16
Cámara de aire	0.03	0.17
Cámara de aire	0.04	0.17
Cámara de aire	0.05	0.18

Coef. convección interior hi (W/m²°C)

Figura 2.7. Creación de tipos de cerramiento no existentes en la base de datos del programa.

Una vez definido el tipo de cerramiento (muro al exterior, pared interior, techo, suelo, suelo al terreno, etc.), se le atribuye una superficie de transferencia de calor, una orientación y un color.

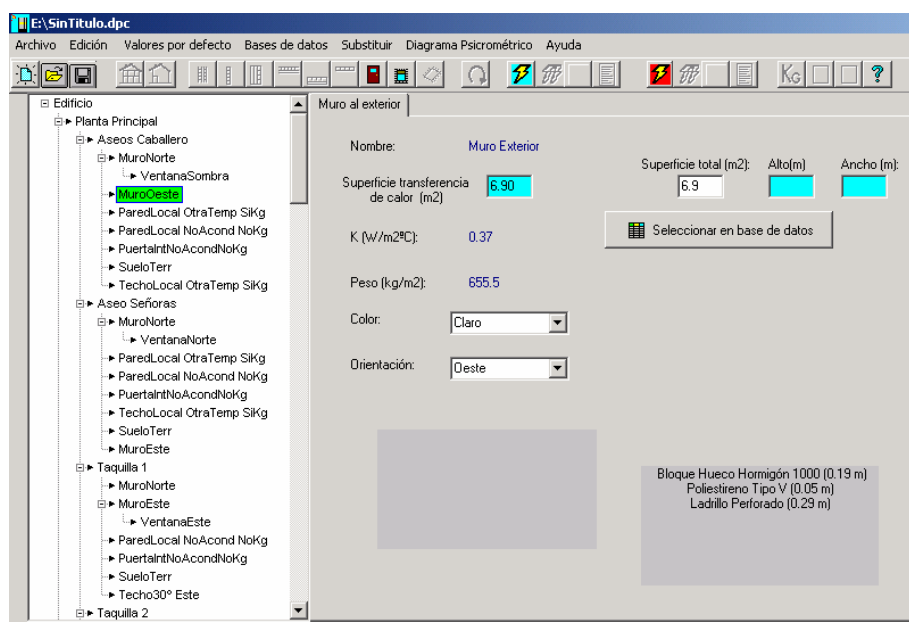


Figura 2.8. Pestaña para definir las características de un muro exterior.

Cuando se definen paredes interiores, hay que especificar la superficie de éstas, así como el tipo de climatización de los locales adyacentes.

Todas las puertas y ventanas que tiene el edificio se definen en la construcción pertinente. Para añadir una ventana o una puerta, hay que seleccionar el icono *Añadir ventana vertical* o *Añadir puerta*, aparecerá un pantalla donde se puede definir las dimensiones, el material o tipo de cristal, y el coeficiente de conductividad térmica (Figura 2.9).

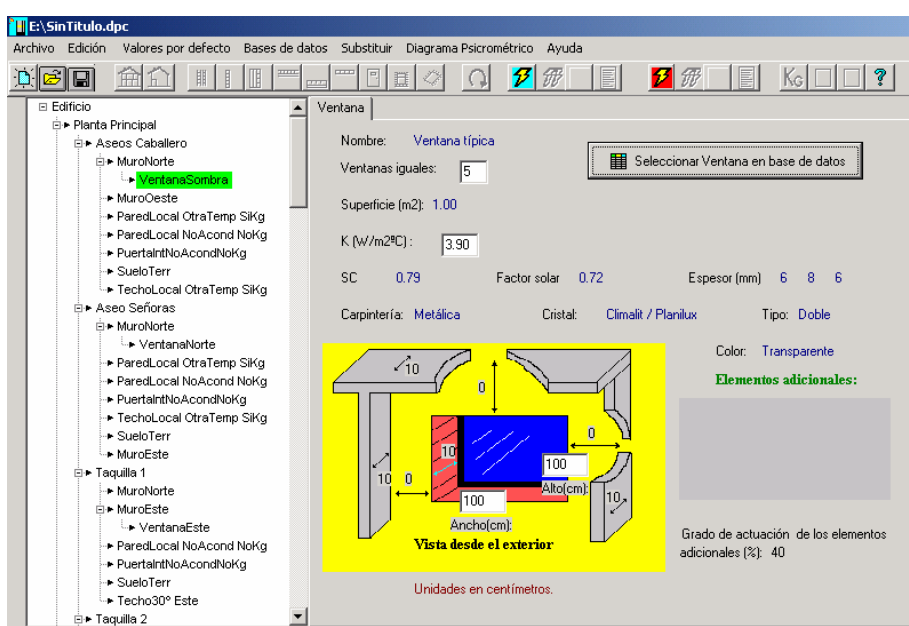


Figura 2.9. Pestaña para definir las características de las ventanas.

Si fuera preciso, existe la posibilidad de tener en cuenta la presencia de claraboyas, ventanas exteriores horizontales e inclinadas, para ello hay que seleccionar el icono *Añadir ventana exterior horizontal/inclinada/claraboya*. Hay que definir las características de esta ventana exterior de la misma manera que definimos las ventanas o puertas.

2.1.1.2. Datos introducidos para calcular las cargas térmicas.

Al realizar cualquier proyecto de instalación de calefacción, independientemente de la magnitud de dicha instalación, lo principal es fijar las condiciones de diseño para el local, tanto las interiores como las exteriores.

2.1.1.2.1 Condiciones exteriores de diseño.

Para poder fijar las condiciones de diseño y determinar la necesidad térmica instantánea máxima de invierno se tienen en cuenta las temperaturas determinadas en las normas UNE 100-001-85 y UNE 100-014-84 basadas en el denominado nivel percentil, que representa el porcentaje de número de horas de los meses que definen las estaciones de invierno y verano durante las cuales las temperaturas indicadas son iguales o superiores.

Para el estudio de nuestro proyecto, se ha considerado los meses de diciembre, enero y febrero (90 días, 2160 horas) como meses de invierno.

En la Tabla 2.2, se muestran los niveles percentiles de los meses de verano e invierno.

Estación	Verano			Invierno		
Nivel Percentil	1%	2,5%	5%	99%	97,5%	95%
Horas	30	73	146	2138 (22)	2106 (54)	2052 (108)

Tabla 2.2. Nivel percentil de los meses de verano e invierno.

Para poder seleccionar la temperatura seca, se ha escogido un nivel percentil del 99% (corresponde a un valor de la temperatura tal, que sólo el 1% de las horas del periodo considerado se dan temperaturas más bajas), que es el que corresponde al edificio de estudio.

La temperatura exterior es el dato más influyente para fijar la potencia nominal, y el escoger unas condiciones excesivamente adversas conlleva el sobredimensionamiento de la instalación, haciendo reducir su rendimiento e incrementando los costes iniciales de la misma. Por otra parte, si la temperatura exterior escogida está por encima de los valores normales o adecuados,

en los días de invierno en los que la temperatura exterior sea más desfavorable, la instalación no podrá suministrar las necesidades de calor exigidas, por consiguiente, no se podrá llegar a las condiciones de confort interiores.

Por eso hay que buscar una temperatura exterior de diseño que se ajuste para conseguir estar entre los valores prácticos de equilibrio, y hacer que la caldera trabaje al rendimiento más óptimo. Existen tablas en las que se determina la temperatura exterior, en los meses de invierno, para las principales ciudades de España, Tabla 2.3.

Poblaciones	Temperatura (°)	Poblaciones	Temperatura (°)
Albacete	-6	Lugo	-1
Alicante	6	Madrid	-2
Almería	6	Murcia	1
Ávila	-6	Orense	-2
Badajoz	0	Oviedo	-1
Barcelona	3	Palencia	-5
Bilbao	1	Pamplona	-4
Burgos	-5	Pontevedra	2
Cáceres	1	Salamanca	-6
Ciudad Real	-3	San Sebastián	-1
Córdoba	1	Santander	3
Cuenca	-6	Segovia	-6
Gerona	-2	Sevilla	2
Granada	-1	Soria	-6
Guadalajara	-3	Tarragona	2
Huelva	2	Teruel	-7
Huesca	-4	Toledo	-2
Jaén	1	Valencia	2
La Coruña	3	Valladolid	-4
León	-5	Vitoria	-4
Lérida	-4	Zamora	-4
Logroño	-2	Zaragoza	-2

Tabla 2.3. Temperaturas exteriores orientativas de cálculo.

La temperatura del terreno viene dada por la norma CTE, que divide el territorio del estado español en zonas climáticas. Según en que zona se localice el edificio a proyectar, la temperatura del terreno variará. Fraga se encuentra en la zona Y, por tanto le corresponde una temperatura del terreno de 6°C, tal y como se puede ver en la Figura 2.10



Figura 2.10. Mapa de la temperatura del terreno en función de la zona climática.

Según la orientación que tenga el edificio en cuestión, se le aplicará un coeficiente de mayoración por orientación, que en nuestro caso, debido a una orientación norte del edificio, se le aplicará un coeficiente de mayoración del 5%.

Se considerará una humedad relativa del 90%, ya que el edificio está muy próximo al río Cinca. En la Tabla 2.4 se muestran los datos que se han tenido en cuenta a la hora de definir las condiciones exteriores del edificio.

Localidad		Fraga
Altitud		118
Latitud		41,5°
Velocidad del viento		5 m/s
Enturbiamiento Atmosférico		Estándard
Materiales Circundantes		Estàndard
Verano	Temperatura seca exterior máxima	33°C
	Humedad relativa	50%
	Oscilación media diaria (OMD)	14°C
	Oscilación media anual (OMA)	37,6°C
	ΔT interior población	0°C
Invierno	Temperatura seca exterior	-4,6°C
	Humedad relativa	90%
	Temperatura del terreno	6°C
	ΔT interior población	0°C
Coeficiente de mayoración de les cargas del		5%
Carga propia instalada		0 %

Tabla 2.4. Condiciones exteriores de cálculo del programa.

2.1.1.2.2. Condiciones interiores de diseño.

Para fijar unas condiciones interiores óptimas, en calefacción basta con determinar la temperatura del aire, su velocidad media y su humedad relativa. Todos estos factores vienen determinados en la norma UNE-100-001-85 según el tipo de local y la actividad que en el se realiza (Tabla 2.5).

TIPO LOCAL	T (°C)	TIPO LOCAL	T (°C)
Centros Docentes		Fabricas	
Aulas	18	Oficinas	20
Botiquín	20	Salas de reuniones	17
Comedor	18	Salas de trabajo sentado	19
Entradas y escaleras	16	Salas de trabajo ligero	17
Gimnasio	15	Salas de trabajo pesado	16
Laboratorio	18	Sala de funciones	15
Retrete	18	Hospitales	
Sala de estudios	19	Baños	20
Sala de juegos	18	Comedores	21
Salón de actos	17	Consultas	21
Vestuarios y duchas	20	Habitaciones	21
Cines y teatros		Quirófanos	31
Bar, guardarropas	17	Sala de rayos X	22
Sala	20	Salas de recuperaciones	23
Vestíbulo	19	Iglesias y Capillas	17
Edificio Residencial		Oficinas	
Baños y aseos	20	Archivos	15
Cocinas y lavaderos	16	Locales de trabajo	20
Comedor	20	Pabellones deportivos	
Sala de estar	20	Gimnasio	17

Tabla 2.5 Condiciones interiores de diseño, temperatura.

Además, en la misma norma se fijan también las condiciones interiores para la velocidad media del aire, que en invierno debe estar entre 0,15-0,20 m/seg, así como la humedad relativa de las zonas, comprendidas entre 40-60%.

El seleccionar adecuadamente estos valores para cada dependencia hace que se consiga un mayor confort.

En las tablas de la 2.6 a la 2.23 se presentan los valores que se han introducido en el programa par determinar las condiciones interiores de cada dependencia.

Planta Principal:

La Figura 2.11 muestra la distribución de ocupantes, de iluminación y de otras cargas presentes en dicha planta durante un día. Estos valores se han estipulado como media anual, y se escogen como referentes para hacer el cálculo de las cargas térmicas del edificio.

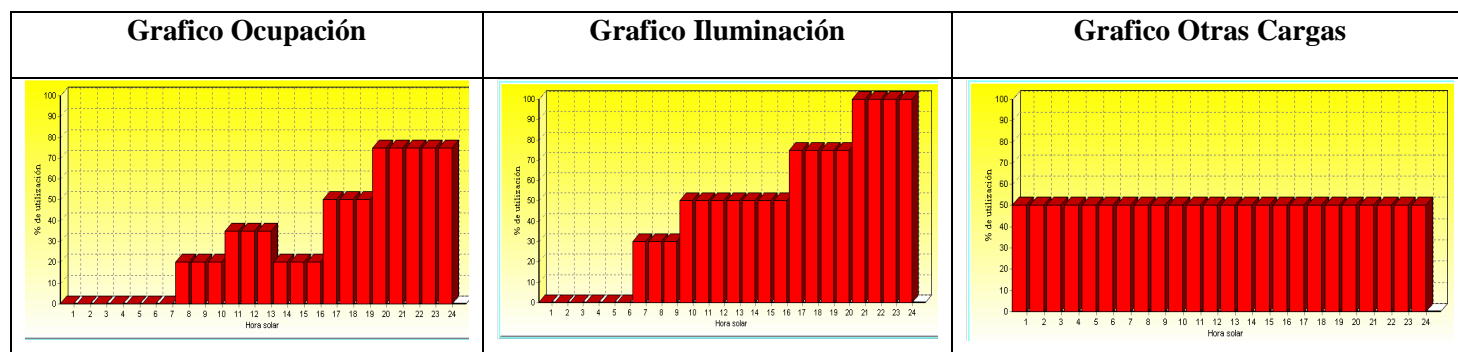


Figura 2.11. Distribución de ocupantes, de iluminación y de otras cargas en la Planta Principal.

Nombre del local	Aseos Caballero	
Superficie útil (m²)	57,22	
Altura (m)	2,7	
Condiciones interiores	Temperatura seca (°C)	Humedad relativa (%)
Invierno	17	50
Verano	25	55
Acabado del suelo	Pavimento/terrazo	
Número máximo de personas	28	
Actividad	De pie trabajo muy ligero	
Ventilación (m³/h)	171	
Nombre del cerramiento	Tipo de cerramiento	Superficie (m²)
MuroNor	Muro Exterior	22,83
VentanaNor	Ventana Típica	0,8 (5 ventanas)
MuroOeste	Muro Exterior	6,9
Baño 2	Pared Otro Local	13,6
Baño 1	Pared Otro Local	372
Puerta Interior	Puerta	1,8
PA5PF2LA20CA15	Suelo al Terreno	57,22
PA5BH20EY2	Techo Otro Local	57,22

Tabla 2.6. Descripción del local: Aseos Caballero.



Nombre del local	Aseos Señoras	
Superficie útil (m²)	45,91	
Altura (m)	2,7	
Condiciones interiores	Temperatura seca (°C)	Humedad relativa (%)
Invierno	17	50
Verano	25	55
Acabado del suelo	Pavimento/terrazo	
Número máximo de personas	22	
Actividad	De pie trabajo muy ligero	
Ventilación (m³/h)	150	
Nombre del cerramiento	Tipo de cerramiento	Superficie (m²)
MuroNor	Muro Exterior	29,3
VentanaNor	Ventana Típica	0,8 (5 ventanas)
MuroEste	Muro Exterior	7,25
Interior Baño 2	Pared Otro Local	13,6
Interior Baño 1	Pared Otro Local	39,4
Puerta Interior	Puerta	1,8
PA5PF2LA20CA15	Suelo al Terreno	45,91
PA5BH20EY2	Techo Otro Local	45,91

Tabla 2.7. Descripción del local: Aseos Señoras.

Nombre del local	Taquilla 1	
Superficie útil (m²)	16,44	
Altura (m)	2,7	
Condiciones interiores	Temperatura seca (°C)	Humedad relativa (%)
Invierno	20	50
Verano	25	55
Acabado del suelo	Pavimento/Terrazo	
Número máximo de personas	6	
Actividad	Sentado trabajo muy ligero	
Ventilación (m³/h)	120	
Nombre del cerramiento	Tipo de cerramiento	Superficie (m²)
MuroEste	Muro Exterior	4,7
VentanaEste	Ventana Típica	1,12 (2 ventanas)
MuroNorte	Muro Exterior	9,7
Resto	Pared Otro Local	13,8
Puerta Interior	Puerta	1,8
PA5PF2LA20CA15	Suelo al Terreno	16,44
PC4	Techo Exterior	16,44

Tabla 2.8. Descripción del local: Taquilla 1.



Nombre del local	Taquilla 2	
Superficie útil (m²)	16,44	
Altura (m)	2,7	
Condiciones interiores	Temperatura seca (°C)	Humedad relativa (%)
Invierno	20	50
Verano	25	55
Acabado del suelo	Pavimento/Terrazo	
Número máximo de personas	6	
Actividad	Sentado trabajo muy ligero	
Ventilación (m³/h)	120	
Nombre del cerramiento	Tipo de cerramiento	Superficie (m²)
MuroNor	Muro Exterior	5,7
VentanaNor	Ventana Típica	1,12 (2 ventanas)
MuroEste	Muro Exterior	3,51
Resto	Pared Otro Local	13,8
Puerta Interior	Puerta	1,8
PA5PF2LA20CA15	Suelo al Terreno	57,22
PC4	Techo Exterior	57,22

Tabla 2.9. Descripción del local: Taquilla 2.

Nombre del local	Conserje	
Superficie útil (m²)	8,32	
Altura (m)	2,7	
Condiciones interiores	Temperatura seca (°C)	Humedad relativa (%)
Invierno	20	50
Verano	25	55
Acabado del suelo	Pavimento/Terrazo	
Número máximo de personas	8	
Actividad	Sentado trabajo muy ligero	
Ventilación (m³/h)	95	
Nombre del cerramiento	Tipo de cerramiento	Superficie (m²)
MuroEste	Muro Exterior	8,64
VentanaEste	Ventana Típica	0,8
Resto	Pared Otro Local	7,0
Resto	Pared Otro Local	8,2
Puerta Interior	Puerta	1,8
PA5PF2LA20CA15	Suelo al Terreno	16,44
PC4	Techo Exterior	16,44

Tabla 2.10. Descripción del local: Conserje.



Nombre del local	Enfermería	
Superficie útil (m²)	20,32	
Altura (m)	2,7	
Condiciones interiores	Temperatura seca (°C)	Humedad relativa (%)
Invierno	20	50
Verano	25	55
Acabado del suelo	Pavimento/Terrazo	
Número máximo de personas	4	
Actividad	De pie trabajo muy ligero	
Ventilación (m³/h)	172	
Nombre del cerramiento	Tipo de cerramiento	Superficie (m²)
MuroEste	Muro Exterior	6,6
VentanaEste	Ventana Típica	0,8
Resto	Pared Otro Local	23,4
Resto	Pared Otro Local	17,14
Puerta Interior	Puerta	1,8
PA5PF2LA20CA15	Suelo al Terreno	20,32
PC4	Techo Exterior	20,32

Tabla 2.11. Descripción del local: Enfermería.

Nombre del local	Vestuarios Seis locales iguales	
Superficie útil (m²)	28,3	
Altura (m)	2,7	
Condiciones interiores	Temperatura seca (°C)	Humedad relativa (%)
Invierno	20	50
Verano	25	55
Acabado del suelo	Pavimento/Terrazo	
Número máximo de personas	14	
Actividad	Sentado trabajo muy ligero	
Ventilación (m³/h)	140	
Nombre del cerramiento	Tipo de cerramiento	Superficie (m²)
MuroEste	Muro Exterior	7,0
VentanaEste	Ventana Típica	0,8 (2 ventanas)
Resto	Pared Otro Local	31,8
Resto	Pared Otro Local	12,42
Puerta Interior	Puerta	1,8
PA5PF2LA20CA15	Suelo al Terreno	28,3
PC4	Techo Exterior	28,3

Tabla 2.12. Descripción del local: Vestuarios.



Nombre del local	Vestuario Monitor Cuatro locales iguales	
Superficie útil (m ²)	9,72	
Altura (m)	2,7	
Condiciones interiores	Temperatura seca (°C)	Humedad relativa (%)
Invierno	20	50
Verano	25	55
Acabado del suelo	Pavimento/Terrazo	
Número máximo de personas	4	
Actividad	Sentado trabajo muy ligero	
Ventilación (m ³ /h)	60	
Nombre del cerramiento	Tipo de cerramiento	Superficie (m ²)
MuroEste	Muro Exterior	5,48
VentanaEste	Ventana Típica	0,8
Resto	Pared Otro Local	4,05
Resto	Pared Otro Local	21,81
Puerta Interior	Puerta	1,8
PA5PF2LA20CA15	Suelo al Terreno	9,72
PC4	Techo Exterior	9,72

Tabla 2.13. Descripción del local: Vestuarios Monitor.

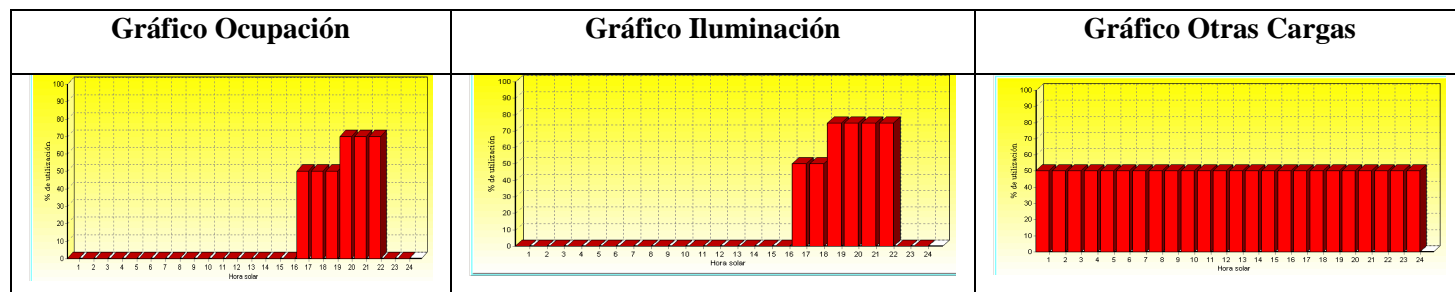
Nombre del local	Vestuario 1	
Superficie útil (m ²)	22,15	
Altura (m)	2,7	
Condiciones interiores	Temperatura seca (°C)	Humedad relativa (%)
Invierno	20	50
Verano	25	55
Acabado del suelo	Pavimento/Terrazo	
Número máximo de personas	11	
Actividad	Sentado trabajo muy ligero	
Ventilación (m ³ /h)	66	
Nombre del cerramiento	Tipo de cerramiento	Superficie (m ²)
MuroSur	Muro Exterior	9,8
VentanaSur	Ventana Típica	0,8 (3 ventanas)
Resto	Pared Otro Local	13,5
Resto	Pared Otro Local	16,2
Puerta Interior	Puerta	1,8
PA5BH20EY2	Techo/Suelo Otro Local	22,15
PC4	Techo Exterior	22,15

Tabla 2.14. Descripción del local: Vestuario 1.

Nombre del local	Vestuario 2	
Superficie útil (m²)	30,33	
Altura (m)	2,7	
Condiciones interiores	Temperatura seca (°C)	Humedad relativa (%)
Invierno	20	50
Verano	25	55
Acabado del suelo	Pavimento/Terrazo	
Número máximo de personas	10	
Actividad	Sentado trabajo muy ligero	
Ventilación (m³/h)	72	
Nombre del cerramiento	Tipo de cerramiento	Superficie (m²)
MuroSur	Muro Exterior	9,96
VentanaSur	Ventana Típica	0,8 (3 ventanas)
Resto	Pared Otro Local	13,5
Resto	Pared Otro Local	21,46
Puerta Interior	Puerta	1,8
PA5BH20EY2	Techo/Suelo Otro Local	30,33
Techo	Techo Exterior	30,33

Tabla 2.15. Descripción del local: Vestuario 2.
Primera Planta:

La Figura 2.12 muestra la distribución de ocupantes, de iluminación y de otras cargas presentes en dicha planta durante un día. Estos valores se han estipulado como media anual, y se escogen como referentes para hacer el cálculo de las cargas térmicas del edificio.


Figura 2.12. Distribución de ocupantes, de iluminación y de otras cargas en la Primera Planta.



Nombre del local	Sala de Juntas	
Superficie útil (m²)	41,3	
Altura (m)	2,5	
Condiciones interiores	Temperatura seca (°C)	Humedad relativa (%)
Invierno	20	50
Verano	25	55
Acabado del suelo	Pavimento/Terrazo	
Número máximo de personas	20	
Actividad	Sentado trabajo muy ligero	
Ventilación (m³/h)	576	
Nombre del cerramiento	Tipo de cerramiento	Superficie (m²)
MuroNor	Muro Exterior	23,14
VentanaNor	Ventana Oficinas	0,8 (4ventanas)
MuroOeste	Muro Exterior	6,5
Resto	Pared Otro Local	26,3
Resto	Pared Otro Local	11,6
Puerta Interior	Puerta	1,8
PA5BH20EY2	Techo/Suelo a Otro Local	41,3
Cubierta	Techo al Exterior	41,3

Tabla 2.16. Descripción del local: Sala de Juntas.

Nombre del local	Oficina 1	
Superficie útil (m²)	14,84	
Altura (m)	2,5	
Condiciones interiores	Temperatura seca (°C)	Humedad relativa (%)
Invierno	20	50
Verano	25	55
Acabado del suelo	Pavimento/Terrazo	
Número máximo de personas	3	
Actividad	Sentado trabajo muy ligero	
Ventilación (m³/h)	108	
Nombre del cerramiento	Tipo de cerramiento	Superficie (m²)
MuroNor	Muro Exterior	6,85
VentanaNor	Ventana Oficinas	0,8
Resto	Pared Otro Local	23,8
Resto	Pared Otro Local	5,5
Puerta Interior	Puerta	1,8
PA5BH20EY2	Techo/Suelo a Otro Local	14,84
Cubierta	Techo al Exterior	14,84

Tabla 2.17. Descripción del local: Oficina 1.



Nombre del local	Oficina 2	
Superficie útil (m²)	8,38	
Altura (m)	2,5	
Condiciones interiores	Temperatura seca (°C)	Humedad relativa (%)
Invierno	20	50
Verano	25	55
Acabado del suelo	Pavimento/Terrazo	
Número máximo de personas	2	
Actividad	Sentado trabajo muy ligero	
Ventilación (m³/h)	72	
Nombre del cerramiento	Tipo de cerramiento	Superficie (m²)
MuroNor	Muro Exterior	7,19
VentanaNor	Ventana	0,8
Resto	Pared Otro Local	5,9
Resto	Pared Otro Local	28,4
Puerta Interior	Puerta	1,8
PA5BH20EY2	Techo/Suelo a Otro Local	8,32
Cubierta	Techo al Exterior	8,32

Tabla 2.18. Descripción del local: Oficina 2.

Nombre del local	Oficina 3	
Superficie útil (m²)	22,55	
Altura (m)	2,5	
Condiciones interiores	Temperatura seca (°C)	Humedad relativa (%)
Invierno	20	50
Verano	25	55
Acabado del suelo	Pavimento/Terrazo	
Número máximo de personas	5	
Actividad	Sentado trabajo muy ligero	
Ventilación (m³/h)	180	
Nombre del cerramiento	Tipo de cerramiento	Superficie (m²)
MuroNor	Muro Exterior	7,64
VentanaNor	Ventana Oficinas	0,8
Resto	Pared Otro Local	21,67
Resto	Pared Otro Local	5,50
Puerta Interior	Puerta	1,8
PA5BH20EY2	Techo/Suelo a Otro Local	22,55
Cubierta	Techo al Exterior	22,55

Tabla 2.19. Descripción del local: Oficina 3.



Nombre del local	Oficina 4	
Superficie útil (m²)	12,18	
Altura (m)	2,5	
Condiciones interiores	Temperatura seca (°C)	Humedad relativa (%)
Invierno	20	50
Verano	25	55
Acabado del suelo	Pavimento/Terrazo	
Número máximo de personas	5	
Actividad	Sentado trabajo muy ligero	
Ventilación (m³/h)	180	
Nombre del cerramiento	Tipo de cerramiento	Superficie (m²)
MuroNor	Muro Exterior	10,17
VentanaNor	Ventana	0,8
MuroEste	Muro Exterior	6,7
Resto	Pared Otro Local	6,34
Resto	Pared Otro Local	8,75
Puerta Interior	Puerta	1,8
PA5BH20EY2	Techo/Suelo a Otro Local	12,18
Cubierta	Techo al Exterior	12,18

Tabla 2.20. Descripción del local: Oficina 4.

Planta Sótano:

La Figura 2.13 muestra la distribución de ocupantes, de iluminación y de otras cargas presentes en dicha planta durante un día. Estos valores se han estipulado como media anual, y se escogen como referentes para hacer el cálculo de las cargas térmicas del edificio.

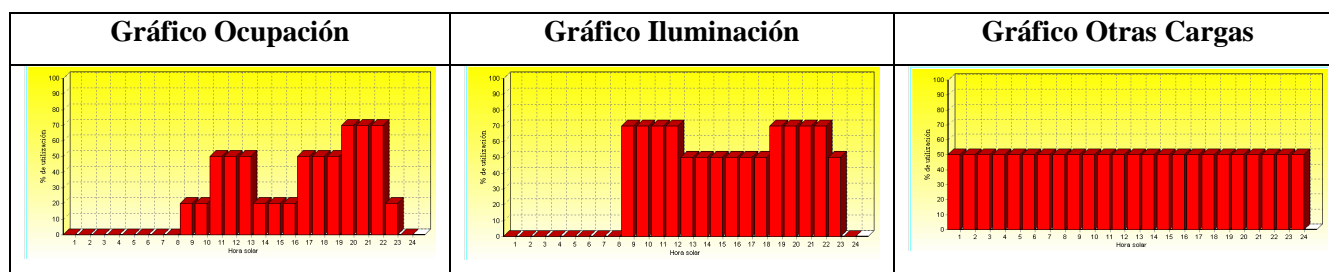


Figura 2.13. Distribución de ocupantes, de iluminación y de otras cargas en la Planta Sotano.



Nombre del local	Gimnasio	
Superficie útil (m²)	270	
Altura (m)	2,5	
Condiciones interiores	Temperatura seca (°C)	Humedad relativa (%)
Invierno	15	50
Verano	25	55
Acabado del suelo	Estándar	
Número máximo de personas	54	
Actividad	De pie trabajo pesado	
Ventilación (m³/h)	3888	
Nombre del cerramiento	Tipo de cerramiento	Superficie (m²)
MuroSur	Muro Exterior	73,8
VentanaSur	Ventana Típica	2,5
LH30EY2	Pared al Terreno	61,4
Resto	Pared Otro Local	15,2
Puerta Interior	Puerta	1,8 (2 puertas)
PA5PF2LA20CA15	Suelo al Terreno	270
PA5BH20EY2	Techo/Suelo a Otro Local	270

Tabla 2.21. Descripción del local: Gimnasio.

Nombre del local	Vestuario 1	
Superficie útil (m²)	21,8	
Altura (m)	2,5	
Condiciones interiores	Temperatura seca (°C)	Humedad relativa (%)
Invierno	20	50
Verano	25	55
Acabado del suelo	Pavimento/Terrazo	
Número máximo de personas	11	
Actividad	Sentado trabajo muy ligero	
Ventilación (m³/h)	66	
Nombre del cerramiento	Tipo de cerramiento	Superficie (m²)
MuroSur	Muro Exterior	7,25
VentanaSur	Ventana Típica	0,56 (3 ventanas)
Resto	Pared Otro Local	8,37
Resto	Pared Otro Local	22
Puerta Interior	Puerta	1,8
PA5PF2LA20CA15	Suelo al Terreno	21,8
PA5BH20EY2	Techo/Suelo a Otro Local	21,8

Tabla 2.22. Descripción del local: Vestuario 1.

Nombre del local	Vestuario 2	
Superficie útil (m²)	22,0	
Altura (m)	2,5	
Condiciones interiores	Temperatura seca (°C)	Humedad relativa (%)
Invierno	20	50
Verano	25	55
Acabado del suelo	Pavimento/Terrazo	
Número máximo de personas	11	
Actividad	Sentado trabajo muy ligero	
Ventilación (m³/h)	66	
Nombre del cerramiento	Tipo de cerramiento	Superficie (m²)
MuroSur	Muro Exterior	9,1
VentanaSur	Ventana Típica	0,56 (3 ventanas)
Resto	Pared Otro Local	8,4
Resto	Pared Otro Local	26,51
Puerta Interior	Puerta	1,8
PA5PF2LA20CA15	Suelo al Terreno	22,0
PA5BH20EY2	Techo/Suelo a Otro Local	22,0

Tabla 2.23. Descripción del local: Vestuario 2.

2.1.1.3. Resultados cargas térmicas, DpClima.

A continuación se muestran los cálculos de las cargas térmicas de calefacción máximas totales detalladas obtenidas con el programa DpClima; la máxima carga del edificio se produce en el mes de febrero, a la 6 h.

Cargas Térmicas Detalladas del Edificio, de sus Zonas y de sus Locales

Cargas Térmicas de Calefacción Máximas Sensibles

Ubicación y condiciones del exterior

Localidad : Fraga Altitud: 42 m Latitud: 41.5 °
 Oscilación máxima anual (OMA): 37.6 °C Velocidad del viento 5 m/s Temp. terreno en invierno : 6 °C
 Nivel percentil anual : 0 % Tª seca : -4.6 °C Humedad relativa : 90 %
 Oscilación media diaria (OMD): 7 °C
 Materiales Circundantes: Estándar Turbiedad de la atmósfera: Estándar

Local: Aseos Caballeros Hora de Cálculo: 7 Mes de Cálculo: FEB

Superficie : 57.22 m² Altura : 2.7 m AcabadoSuelo: Pavimento / Terrazo
 Condiciones exteriores Ts : -4.574 °C Hr : 90 % W : 0.0023067 Kg/Kg a.s. Temp. Terreno : 6
 Condiciones interiores Ts : 17 °C Hr : 50 % W : 0.0060054 kg/kg a.s.
 Ratio max. Otras cargas : (sensible 0 W/m²) (latente 0 W/m²) (Ratio max. personas/m² : 0.489)

Cerramientos al exterior:

Nombre : Muro Exterior Peso : 434.7 Kg/m² Orientación : Norte Color : Medio
 Superficie : 22.83 m² K : 0.62 W/m²°C T^a equivalente : -0.09092 °C

C. Sensible : -241 W

Ventanas:

Nombre: Tipica Superficie: 0.8 m² K : 5.8 W/m²°C Orient.: Norte
 Radiación transmitida ventana : 2 W/m² Fracción Soleada : 0 % SC : 0.96
 C Sen. cond.: -100 W C Sen. inst. rad. : 0 W C Sen. almac. rad. : 1 W
 Existen 5 ventanas iguales

C. Sensible : -495 W

Cerramientos al exterior:

Nombre : Muro Exterior Peso : 434.7 Kg/m² Orientación : Oeste Color : Medio
 Superficie : 6.9 m² K : 0.62 W/m²°C T^a equivalente : -0.09092 °C

C. Sensible : -73 W

Cerramientos interiores:

Nombre: Baño2 Peso : 157 Kg/m²
 Superficie: 13.6 m² K : 2.167 W/m²°C T^a equivalente : 17 °C

C. Sensible : 0 W

Cerramientos interiores:

Nombre: Baño1 Peso : 153 Kg/m²
 Superficie: 37.2 m² K : 2.249 W/m²°C T^a equivalente : 6.745 °C

C. Sensible : -857 W

Puerta:

Nombre: Puerta Superficie: 1.806 m² K : 0.14 W/m²°C Interior
 Temp. Equivalente : 6.21 °C C Sen. cond.: -2 W

C. Sensible : -2 W

Nombre : PA5PF2LA20CA15 Peso : 580.4 Kg/m²
 Superficie : 57.22 m² K : 0.86 W/m²°C T^a terreno : 6.028 °C

C. Sensible : -539 W

Cerramientos interiores:

Nombre: PA5BH20EY2 Peso : 391.8 Kg/m²

Superficie: 57.22 m² K : 2.37 W/m²°C T^a equivalente : 19.97 °C

C. Sensible : 402 W

Ocupantes:

Nº Máx. ocupantes: 28 Nº en ese instante : 0 Actividad: De pie trabajo muy ligero 1.43 Met

Calor sensible por persona : 119 W Calor latente por persona : 46 W

Distribución : P.P. Ocupantes

C Sen. inst. : 0 W C Sen. almac. : 86 W C Lat. inst. : 0 W

C. Latente : 0 W C. Sensible : 86 W

Mayoración : Coef Seguridad 5 (%)

C. Latente : 0 W C. Sensible : -86 W

SUMA TOTAL: C. Latente : 0 W C. Sensible : -1805 W

Factor de calor sensible = 1 Calor Total = -1805 W

Ratio Total : -32 W/m² Ratio Sensible : -32 W/m²

Temp. Impul. : 23 °C Caudal Impul. : 903 m³/h

Local: Aseos Señoras Hora de Cálculo: 7 Mes de Cálculo: FEB

Superficie: 45.91 m² Altura: 2.7 m AcabadoSuelo: Pavimento / Terrazo

Condiciones exteriores Ts : -4.574 °C Hr : 90 % W : 0.0023067 Kg/Kg a.s. Temp. Terreno : 6

Condiciones interiores Ts : 17 °C Hr : 50 % W : 0.0060054 kg/kg a.s.

Ratio max. Otras cargas : (sensible 0 W/m²) (latente 0 W/m²) (Ratio max. personas/m² : 0.479)

Cerramientos al exterior:

Nombre : Muro Exterior Peso : 434.7 Kg/m² Orientación : Norte Color : Medio

Superficie : 29.3 m² K : 0.62 W/m²°C T^a equivalente : -0.09092 °C

C. Sensible : -310 W

Ventanas:

Nombre: Tipica Superficie: 0.8 m² K : 5.8 W/m²°C Orient.: Norte

Radiación transmitida ventana : 2 W/m² Fracción Soleada : 0 % SC : 0.96

C Sen. cond.: -100 W C Sen. inst. rad. : 0 W C Sen. almac. rad. : 1 W

Existen 5 ventanas iguales

C. Sensible : -495 W

Cerramientos al exterior:

Nombre : Muro Exterior Peso : 434.7 Kg/m² Orientación : Este Color : Medio
Superficie : 7.25 m² K : 0.62 W/m²°C T^a equivalente : -0.09092 °C

C. Sensible : -76 W**Cerramientos interiores:**

Nombre: Baño2 Peso : 157 Kg/m²
Superficie: 13.6 m² K : 2.167 W/m²°C T^a equivalente : 20 °C

C. Sensible : 88 W**Cerramientos interiores:**

Nombre: Baño1 Peso : 153 Kg/m²
Superficie: 39.4 m² K : 2.249 W/m²°C T^a equivalente : 6.745 °C

C. Sensible : -908 W**Puerta:**

Nombre: Puerta Interior Superficie: 1.806 m² K : 0.14 W/m²°C Interior
Temp. Equivalente : 6.21 °C C Sen. cond.: -2 W

C. Sensible : -2 W

Nombre : PA5PF2LA20CA15 Peso : 580.4 Kg/m²
Superficie : 45.91 m² K : 0.86 W/m²°C T^a terreno : 6.028 °C

C. Sensible : -433 W**Cerramientos interiores:**

Nombre: PA5BH20EY2 Peso : 391.8 Kg/m²
Superficie: 45.91 m² K : 2.37 W/m²°C T^a equivalente : 19.97 °C

C. Sensible : 322 W**Ocupantes:**

Nº Máx. ocupantes: 22 Nº en ese instante : 0 Actividad: De pie trabajo muy ligero 1.43 Met
Calor sensible por persona : 119 W Calor latente por persona : 46 W
Distribución : P.P. Ocupantes
C Sen. inst. : 0 W C Sen. almac. : 68 W C Lat. inst. : 0 W

C. Latente : 0 W C. Sensible : 68 W**Mayoración : Coef Seguridad 5 (%)****C. Latente : 0 W C. Sensible : -88 W****SUMA TOTAL: C. Latente : 0 W C. Sensible : -1834 W****Factor de calor sensible = 1 Calor Total = -1834 W****Ratio Total : -40 W/m² Ratio Sensible : -40 W/m²****Temp. Impul. : 23 °C Caudal Impul. : 917 m³/h**

Local: Taquilla 1 Hora de Cálculo: 7 Mes de Cálculo: FEB

Superficie : 16.54 m² Altura : 2.7 m AcabadoSuelo: Pavimento / Terrazo
 Condiciones exteriores Ts: -4.574 °C Hr : 90 % W: 0.0023067 Kg/Kg a.s. Temp. Terreno : 6
 Condiciones interiores Ts : 20 °C Hr : 50 % W : 0.0072621 kg/kg a.s.
 Ratio max. Otras cargas : (sensible 0 W/m²) (latente 0 W/m²) (Ratio max. personas/m² : 0.363)

Cerramientos al exterior:

Nombre : Muro Exterior Peso : 434.7 Kg/m² Orientación : Este Color : Medio
 Superficie : 2.48 m² K : 0.62 W/m²°C T^a equivalente : -0.09092 °C

C. Sensible : -30 W

Ventanas:

Nombre: Tipica Superficie: 1.12 m² K : 5.8 W/m²°C Orient.: Este
 Radiación transmitida ventana : 2 W/m² Fracción Soleada : 0 % SC : 0.96
 C Sen. cond.: -159 W C Sen. inst. rad. : 0 W C Sen. almac. rad. : 1 W
 Existen 2 ventanas iguales

C. Sensible : -316 W

Cerramientos al exterior:

Nombre : Muro Exterior Peso : 434.7 Kg/m² Orientación : Norte Color : Medio
 Superficie : 9.7 m² K : 0.62 W/m²°C T^a equivalente : -0.09092 °C

C. Sensible : -120 W

Cerramientos interiores:

Nombre: Resto Peso : 149 Kg/m²
 Superficie: 13.8 m² K : 2.336 W/m²°C T^a equivalente : 8.203 °C

C. Sensible : -380 W

Puerta:

Nombre: Puerta Interior Superficie: 1.806 m² K : 0.14 W/m²°C Interior
 Temp. Equivalente : 7.71 °C C Sen. cond.: -3 W

C. Sensible : -3 W

Nombre : PA5PF2LA20CA15 Peso : 580.4 Kg/m²
 Superficie : 16.44 m² K : 0.86 W/m²°C T^a terreno : 6.028 °C

C. Sensible : -197 W

Cerramientos al exterior:

Nombre : PC4 Peso : 23.1 Kg/m² Orientación : 30° Este Color : Medio
 Superficie : 16.44 m² K : 0.79 W/m²°C T^a equivalente : -4.437 °C

C. Sensible : -317 W**Ocupantes:**

Nº Máx. ocupantes: 6 Nº en ese instante : 0

Actividad: Sentado trab.muy ligero /De pie sin mov. 1.08 Met

Calor sensible por persona : 94 W Calor latente por persona : 30 W

Distribución : P.P. Ocupantes

C Sen. inst. : 0 W C Sen. almac. : 14 W C Lat. inst. : 0 W

C. Latente : 0 W C. Sensible : 14 W**Mayoración : Coef Seguridad 5 (%)**

C. Latente : 0 W C. Sensible : -68 W

SUMA TOTAL: C. Latente : 0 W C. Sensible : -1417 W

Factor de calor sensible = 1 Calor Total = -1417 W

Ratio Total : -86 W/m² Ratio Sensible : -86 W/m²Temp. Impul. : 23 °C Caudal Impul. : 1417 m³/h**Local: Taquilla 2 Hora de Cálculo: 7 Mes de Cálculo: FEB**Superficie : 16.44 m² Altura : 2.7 m AcabadoSuelo: Pavimento / Terrazo

Condiciones exteriores Ts: -4.574 °C Hr: 90 % W : 0.0023067 Kg/Kg a.s. Temp. Terreno : 6

Condiciones interiores Ts : 20 °C Hr : 50 % W : 0.0072621 kg/kg a.s.

Ratio max. Otras cargas : (sensible 0 W/m²) (latente 0 W/m²) (Ratio max. personas/m² : 0.365)**Cerramientos al exterior:**Nombre : Muro Exterior Peso : 434.7 Kg/m² Orientación : Norte Color : MedioSuperficie : 5.7 m² K : 0.62 W/m²°C T^a equivalente : -0.09092 °C**C. Sensible : -71 W****Ventanas:**Nombre: Tipica Superficie: 1.12 m² K : 5.8 W/m²°C Orient.: NorteRadiación transmitida ventana : 2 W/m² Fracción Soleada : 0 % SC : 0.96

C Sen. cond.: -159 W C Sen. inst. rad. : 0 W C Sen. almac. rad. : 1 W

C. Sensible : -158 W**Cerramientos al exterior:**Nombre : Muro Exterior Peso : 434.7 Kg/m² Orientación : Este Color : Medio

Superficie : 3.51 m² K : 0.62 W/m²°C T^a equivalente : -0.09092 °C

C. Sensible : -43 W

Cerramientos interiores:

Nombre: Resto Peso : 149 Kg/m²

Superficie: 13.8 m² K : 2.34 W/m²°C T^a equivalente : 8.189 °C

C. Sensible : -381 W

Puerta:

Nombre: Puerta Interior Superficie: 1.806 m² K : 0.14 W/m²°C Interior

Temp. Equivalente : 7.71 °C C Sen. cond.: -3 W

C. Sensible : -3 W

Nombre : PA5PF2LA20CA15 Peso : 580.4 Kg/m²

Superficie : 16.44 m² K : 0.86 W/m²°C T^a terreno : 6.028 °C

C. Sensible : -197 W

Cerramientos al exterior:

Nombre : PC4 Peso : 23.1 Kg/m² Orientación : 30° Este Color : Medio

Superficie : 16.44 m² K : 0.79 W/m²°C T^a equivalente : -4.437 °C

C. Sensible : -317 W

Ocupantes:

Nº Máx. ocupantes: 6 Nº en ese instante : 0

Actividad: Sentado trab.muy ligero /De pie sin mov. 1.08 Met

Calor sensible por persona : 94 W Calor latente por persona : 30 W

Distribución : P.P. Ocupantes

C Sen. inst. : 0 W C Sen. almac. : 14 W C Lat. inst. : 0 W

C. Latente : 0 W C. Sensible : 14 W

Mayoración : Coef Seguridad 5 (%)

C. Latente : 0 W C. Sensible : -58 W

SUMA TOTAL: C. Latente : 0 W C. Sensible : -1214 W

Factor de calor sensible = 1 Calor Total = -1214 W

Ratio Total : -74 W/m² Ratio Sensible : -74 W/m²

Temp. Impul. : 23 °C Caudal Impul. : 1214 m³/h

Local: Conserje Hora de Cálculo: 7 Mes de Cálculo: FEB

Superficie : 8.32 m² Altura : 2.7 m AcabadoSuelo: Pavimento / Terrazo

Condiciones exteriores Ts : -4.574 °C Hr : 90 % W : 0.0023067 Kg/Kg a.s. Temp. Terreno : 6

Condiciones interiores Ts : 20 °C Hr : 50 % W : 0.0072621 kg/kg a.s.

Ratio max. Otras cargas : (sensible 0 W/m²) (latente 0 W/m²) (Ratio max. personas/m² : 0.962)

Cerramientos al exterior:

Nombre : Muro Exterior Peso : 434.7 Kg/m² Orientación : Este Color : Medio

Superficie : 7.84 m² K : 0.62 W/m²°C T^a equivalente : -0.09092 °C

C. Sensible : -97 W

Ventanas:

Nombre: Tipica Superficie: 0.8 m² K : 5.8 W/m²°C Orient.: Este

Radiación transmitida ventana : 2 W/m² Fracción Soleada : 0 % SC : 0.96

C Sen. cond.: -114 W C Sen. inst. rad. : 0 W C Sen. almac. rad. : 1 W

C. Sensible : -113 W

Cerramientos interiores:

Nombre: Resto Peso : 149 Kg/m²

Superficie: 8.2 m² K : 2.336 W/m²°C T^a equivalente : 8.203 °C

C. Sensible : -225 W

Cerramientos interiores:

Nombre: Resto Peso : 149 Kg/m²

Superficie: 7 m² K : 2.336 W/m²°C T^a equivalente : 20 °C

C. Sensible : 0 W

Puerta:

Nombre: Puerta Interior Superficie: 1.806 m² K : 0.14 W/m²°C Interior

Temp. Equivalente : 7.71 °C C Sen. cond.: -3 W

C. Sensible : -3 W

Nombre : PA5PF2LA20CA15 Peso : 580.4 Kg/m²

Superficie : 8.32 m² K : 0.86 W/m²°C T^a terreno : 6.028 °C

C. Sensible : -99 W

Cerramientos al exterior:

Nombre : PC4 Peso : 23.1 Kg/m² Orientación : 30° Este Color : Medio

Superficie : 8.32 m² K : 0.79 W/m²°C T^a equivalente : -4.437 °C

C. Sensible : -160 W

Ocupantes:

Nº Máx. ocupantes: 8 Nº en ese instante : 0 Actividad: Sentado trab.muy ligero /De pie sin mov.
1.08 Met

Calor sensible por persona : 94 W Calor latente por persona : 30 W

Distribución : P.P. Ocupantes

C Sen. inst. : 0 W C Sen. almac. : 19 W C Lat. inst. : 0 W

C. Latente : 0 W C. Sensible : 19 W

Mayoración : Coef Seguridad 5 (%)

C. Latente : 0 W C. Sensible : -34 W

SUMA TOTAL: C. Latente : 0 W C. Sensible : -712 W

Factor de calor sensible = 1 Calor Total = -712 W

Ratio Total : -86 W/m² Ratio Sensible : -86 W/m²

Temp. Impul. : 23 °C Caudal Impul. : 712 m³/h

Local: Enfermería Hora de Cálculo: 7 Mes de Cálculo: FEB

Superficie : 20.32 m² Altura : 2.7 m AcabadoSuelo: Pavimento / Terrazo

Condiciones exteriores Ts : -4.574 °C Hr : 90 % W : 0.0023067 Kg/Kg a.s. Temp. Terreno : 6

Condiciones interiores Ts : 20 °C Hr : 50 % W : 0.0072621 kg/kg a.s.

Ratio max. Otras cargas : (sensible 0 W/m²) (latente 0 W/m²) (Ratio max. personas/m² : 0.197)

Cerramientos al exterior:

Nombre : Muro Exterior Peso : 434.7 Kg/m² Orientación : Este Color : Medio

Superficie : 5.8 m² K : 0.62 W/m²°C T^a equivalente : -0.09092 °C

C. Sensible : -72 W

Ventanas:

Nombre: Tipica Superficie: 0.8 m² K : 5.8 W/m²°C Orient.: Este

Radiación transmitida ventana : 2 W/m² Fracción Soleada : 0 % SC : 0.96

C Sen. cond.: -114 W C Sen. inst. rad. : 0 W C Sen. almac. rad. : 1 W

C. Sensible : -113 W

Cerramientos interiores:

Nombre: Resto Peso : 149 Kg/m²

Superficie: 23.4 m² K : 2.336 W/m²°C T^a equivalente : 8.203 °C

C. Sensible : -644 W

Puerta:

Nombre: Puerta Interior Superficie: 1.806 m² K : 0.14 W/m²°C Interior

Temp. Equivalente : 7.71 °C C Sen. cond.: -3 W

C. Sensible : -3 W**Cerramientos interiores:**

Nombre: Resto Peso : 149 Kg/m2

Superficie: 17.14 m2 K : 2.336 W/m2°C Tª equivalente : 20 °C

C. Sensible : 0 W

Nombre : PA5PF2LA20CA15 Peso : 580.4 Kg/m2

Superficie : 20.32 m2 K : 0.86 W/m2°C Tª terreno : 6.028 °C

C. Sensible : -244 W**Cerramientos al exterior:**

Nombre : PC4 Peso : 23.1 Kg/m2 Orientación : 30° Este Color : Medio

Superficie : 20.32 m2 K : 0.79 W/m2°C Tª equivalente : -4.437 °C

C. Sensible : -392 W**Ocupantes:**

Nº Máx. ocupantes: 4 Nº en ese instante : 0 Actividad: De pie trabajo muy ligero 1.43 Met

Calor sensible por persona : 119 W Calor latente por persona : 46 W

Distribución : P.P. Ocupantes

C Sen. inst. : 0 W C Sen. almac. : 12 W C Lat. inst. : 0 W

C. Latente : 0 W C. Sensible : 12 W**Mayoración : Coef Seguridad 5 (%)****C. Latente : 0 W C. Sensible : -73 W**

SUMA TOTAL: C. Latente : 0 W C. Sensible : -1529 W

Factor de calor sensible = 1 Calor Total = -1529 W

Ratio Total : -75 W/m2 Ratio Sensible : -75 W/m2

Temp. Impul. : 23 °C Caudal Impul. : 1529 m3/h

Local: Vestuarios Hora de Cálculo: 7 Mes de Cálculo: FEB

Superficie : 28.3 m2 Altura : 2.7 m AcabadoSuelo: Pavimento / Terrazo

Condiciones exteriores Ts : -4.574 °C Hr : 90 % W : 0.0023067 Kg/Kg a.s. Temp. Terreno : 6

Condiciones interiores Ts : 20 °C Hr : 50 % W : 0.0072621 kg/kg a.s.

Nº de locales iguales : 6

Ratio max. Otras cargas : (sensible 0 W/m2) (latente 0 W/m2) (Ratio max. personas/m2 : 0.495)

Cerramientos al exterior:

Nombre : Muro Exterior Peso : 434.7 Kg/m² Orientación : Este Color : Medio
Superficie : 13.8 m² K : 0.62 W/m²°C T^a equivalente : -0.09092 °C

C. Sensible : -171 W**Ventanas:**

Nombre: Tipica Superficie: 0.8 m² K : 5.8 W/m²°C Orient.: Este
Radiación transmitida ventana : 2 W/m² Fracción Soleada : 0 % SC : 0.96
C Sen. cond.: -114 W C Sen. inst. rad. : 0 W C Sen. almac. rad. : 1 W
Existen 2 ventanas iguales

C. Sensible : -226 W**Cerramientos interiores:**

Nombre: Resto Peso : 149 Kg/m²
Superficie: 12.42 m² K : 2.34 W/m²°C T^a equivalente : 8.189 °C

C. Sensible : -343 W**Puerta:**

Nombre: Puerta Interior Superficie: 1.806 m² K : 0.14 W/m²°C Interior
Temp. Equivalente : 7.71 °C C Sen. cond.: -3 W

C. Sensible : -3 W**Cerramientos interiores:**

Nombre: Interior resto Peso : 800 Kg/m²
Superficie: 31.8 m² K : 1.07 W/m²°C T^a equivalente : 20 °C

C. Sensible : 0 W

Nombre : PA5PF2LA20CA15 Peso : 580.4 Kg/m²
Superficie : 28.3 m² K : 0.86 W/m²°C T^a terreno : 6.028 °C

C. Sensible : -340 W**Cerramientos al exterior:**

Nombre : PC4 Peso : 23.1 Kg/m² Orientación : 30° Este Color : Medio
Superficie : 28.3 m² K : 0.79 W/m²°C T^a equivalente : -4.437 °C

C. Sensible : -546 W**Ocupantes:**

Nº Máx. ocupantes: 14 Nº en ese instante : 0 Actividad: Sentado trab.muy ligero /De pie sin mov.
1.08 Met

Calor sensible por persona : 94 W Calor latente por persona : 30 W

Distribución : P.P. Ocupantes

C Sen. inst. : 0 W C Sen. almac. : 34 W C Lat. inst. : 0 W

C. Latente : 0 W C. Sensible : 34 W**Mayoración : Coef Seguridad 5 (%)**

C. Latente : 0 W C. Sensible : -80 W

SUMA TOTAL: C. Latente : 0 W C. Sensible : -1675 W

Factor de calor sensible = 1 Calor Total = -1675 W

Ratio Total : -59 W/m² Ratio Sensible : -59 W/m²Temp. Impul. : 23 °C Caudal Impul. : 1675 m³/h**Local: Vestuario Monitor Hora de Cálculo: 7 Mes de Cálculo: FEB**Superficie : 9.72 m² Altura : 2.7 m AcabadoSuelo: Pavimento / Terrazo

Condiciones exteriores Ts : -4.574 °C Hr : 90 % W : 0.0023067 Kg/Kg a.s. Temp. Terreno : 6

Condiciones interiores Ts : 20 °C Hr : 50 % W : 0.0072621 kg/kg a.s.

Nº de locales iguales : 4

Ratio max. Otras cargas : (sensible 0 W/m²) (latente 0 W/m²) (Ratio max. personas/m² : 0.412)**Cerramientos al exterior:**Nombre : Muro Exterior Peso : 434.7 Kg/m² Orientación : Este Color : MedioSuperficie : 5.48 m² K : 0.62 W/m²°C T^a equivalente : -0.09092 °C**C. Sensible : -68 W****Ventanas:**Nombre: Tipica Superficie: 0.8 m² K : 5.8 W/m²°C Orient.: EsteRadiación transmitida ventana : 2 W/m² Fracción Soleada : 0 % SC : 0.96

C Sen. cond.: -114 W C Sen. inst. rad. : 0 W C Sen. almac. rad. : 1 W

C. Sensible : -113 W**Cerramientos interiores:**Nombre: Resto Peso : 149 Kg/m²Superficie: 4.05 m² K : 2.336 W/m²°C T^a equivalente : 8.203 °C**C. Sensible : -111 W****Puerta:**Nombre: Puerta Interior Superficie: 1.806 m² K : 0.14 W/m²°C Interior

Temp. Equivalente : 7.71 °C C Sen. cond.: -3 W

C. Sensible : -3 W**Cerramientos interiores:**Nombre: Resto Peso : 149 Kg/m²

Superficie: 21.81 m² K : 2.336 W/m²°C T^a equivalente : 20 °C

C. Sensible : 0 W

Nombre : PA5PF2LA20CA15 Peso : 580.4 Kg/m²

Superficie : 9.72 m² K : 0.86 W/m²°C T^a terreno : 6.028 °C

C. Sensible : -116 W

Cerramientos al exterior:

Nombre : PC4 Peso : 23.1 Kg/m² Orientación : 30° Este Color : Medio

Superficie : 9.72 m² K : 0.79 W/m²°C T^a equivalente : -4.437 °C

C. Sensible : -187 W

Ocupantes:

Nº Máx. ocupantes: 4 Nº en ese instante : 0 Actividad: Sentado trab.muy ligero /De pie sin mov.
1.08 Met

Calor sensible por persona : 94 W Calor latente por persona : 30 W

Distribución : P.P. Ocupantes

C Sen. inst. : 0 W C Sen. almac. : 9 W C Lat. inst. : 0 W

C. Latente : 0 W C. Sensible : 9 W

Mayoración : Coef Seguridad 5 (%)

C. Latente : 0 W C. Sensible : -30 W

SUMA TOTAL: C. Latente : 0 W C. Sensible : -619 W

Factor de calor sensible = 1 Calor Total = -619 W

Ratio Total : -64 W/m² Ratio Sensible : -64 W/m²

Temp. Impul. : 23 °C Caudal Impul. : 619 m³/h

Local: Vestuario 1 Hora de Cálculo: 7 Mes de Cálculo: FEB

Superficie : 22.15 m² Altura : 2.7 m AcabadoSuelo: Pavimento / Terrazo

Condiciones exteriores Ts : -4.574 °C Hr : 90 % W : 0.0023067 Kg/Kg a.s. Temp. Terreno : 6

Condiciones interiores Ts : 20 °C Hr : 50 % W : 0.0072621 kg/kg a.s.

Ratio max. Otras cargas : (sensible 0 W/m²) (latente 0 W/m²) (Ratio max. personas/m² : 0.497)

Cerramientos al exterior:

Nombre : Muro Exterior Peso : 434.7 Kg/m² Orientación : Sur Color : Medio

Superficie : 9.8 m² K : 0.62 W/m²°C T^a equivalente : -0.09092 °C

C. Sensible : -122 W**Ventanas:**

Nombre: Típica Superficie: 0.8 m² K : 5.8 W/m²°C Orient.: Sur
 Radiación transmitida ventana : 2 W/m² Fracción Soleada : 0 % SC : 0.96
 C Sen. cond.: -114 W C Sen. inst. rad. : 0 W C Sen. almac. rad. : 1 W
 Existen 3 ventanas iguales

C. Sensible : -339 W**Cerramientos interiores:**

Nombre: Resto Peso : 149 Kg/m²
 Superficie: 16.2 m² K : 2.336 W/m²°C T^a equivalente : 8.203 °C

C. Sensible : -446 W**Puerta:**

Nombre: Puerta Interior Superficie: 1.806 m² K : 0.14 W/m²°C Interior
 Temp. Equivalente : 7.71 °C C Sen. cond.: -3 W

C. Sensible : -3 W**Cerramientos interiores:**

Nombre: Resto Peso : 149 Kg/m²
 Superficie: 13.5 m² K : 2.336 W/m²°C T^a equivalente : 20 °C

C. Sensible : 0 W**Cerramientos interiores:**

Nombre: PA5BH20EY2 Peso : 391.8 Kg/m²
 Superficie: 22.15 m² K : 2.37 W/m²°C T^a equivalente : 19.97 °C

C. Sensible : -1 W**Cerramientos al exterior:**

Nombre : PC4 Peso : 23.1 Kg/m² Orientación : 30° Sur Color : Medio
 Superficie : 22.15 m² K : 0.79 W/m²°C T^a equivalente : -4.437 °C

C. Sensible : -427 W**Ocupantes:**

Nº Máx. ocupantes: 11 Nº en ese instante : 0 Actividad: Sentado trab.muy ligero /De pie sin mov.
 1.08 Met

Calor sensible por persona : 94 W Calor latente por persona : 30 W

Distribución : P.P. Ocupantes

C Sen. inst. : 0 W C Sen. almac. : 26 W C Lat. inst. : 0 W

C. Latente : 0 W C. Sensible : 26 W**Mayoración : Coef Seguridad 5 (%)****C. Latente : 0 W C. Sensible : -66 W**

SUMA TOTAL: C. Latente : 0 W C. Sensible : -1378 W

Factor de calor sensible = 1 Calor Total = -1378 W

Ratio Total : -62 W/m² Ratio Sensible : -62 W/m²

Temp. Impul. : 23 °C Caudal Impul. : 1378 m³/h

Local: Vestuario 2 Hora de Cálculo: 7 Mes de Cálculo: FEB

Superficie : 30.33 m² Altura : 2.7 m AcabadoSuelo: Pavimento / Terrazo

Condiciones exteriores Ts : -4.574 °C Hr : 90 % W : 0.0023067 Kg/Kg a.s. Temp. Terreno : 6

Condiciones interiores Ts : 20 °C Hr : 50 % W : 0.0072621 kg/kg a.s.

Ratio max. Otras cargas : (sensible 0 W/m²) (latente 0 W/m²) (Ratio max. personas/m² : 0.33)

Cerramientos al exterior:

Nombre : Muro Exterior Peso : 434.7 Kg/m² Orientación : Sur Color : Medio

Superficie : 9.16 m² K : 0.62 W/m²°C T^a equivalente : -0.09092 °C

C. Sensible : -114 W

Ventanas:

Nombre: Tipica Superficie: 0.8 m² K : 5.8 W/m²°C Orient.: Sur

Radiación transmitida ventana : 2 W/m² Fracción Soleada : 0 % SC : 0.96

C Sen. cond.: -114 W C Sen. inst. rad. : 0 W C Sen. almac. rad. : 1 W

Existen 3 ventanas iguales

C. Sensible : -339 W

Cerramientos interiores:

Nombre: Resto Peso : 149 Kg/m²

Superficie: 21.46 m² K : 2.336 W/m²°C T^a equivalente : 8.203 °C

C. Sensible : -591 W

Puerta:

Nombre: Puerta Interior Superficie: 1.806 m² K : 0.14 W/m²°C Interior

Temp. Equivalente : 7.71 °C C Sen. cond.: -3 W

C. Sensible : -3 W

Cerramientos interiores:

Nombre: Resto Peso : 149 Kg/m²

Superficie: 13.5 m² K : 2.336 W/m²°C T^a equivalente : 20 °C

C. Sensible : 0 W

Cerramientos interiores:

Nombre: PA5BH20EY2 Peso : 391.8 Kg/m²
 Superficie: 30.33 m² K : 2.37 W/m²°C T^a equivalente : 19.97 °C

C. Sensible : -2 W

Cerramientos al exterior:

Nombre : PC4 Peso : 23.1 Kg/m² Orientación : 30° Sur Color : Medio
 Superficie : 30.33 m² K : 0.79 W/m²°C T^a equivalente : -4.437 °C

C. Sensible : -585 W

Ocupantes:

Nº Máx. ocupantes: 10 Nº en ese instante : 0 Actividad: Sentado trab.muy ligero /De pie sin mov.
 1.08 Met

Calor sensible por persona : 94 W Calor latente por persona : 30 W

Distribución : P.P. Ocupantes

C Sen. inst. : 0 W C Sen. almac. : 24 W C Lat. inst. : 0 W

C. Latente : 0 W C. Sensible : 24 W

Mayoración : Coef Seguridad 5 (%)

C. Latente : 0 W C. Sensible : -81 W

SUMA TOTAL: C. Latente : 0 W C. Sensible : -1691 W

Factor de calor sensible = 1 Calor Total = -1691 W

Ratio Total : -56 W/m² Ratio Sensible : -56 W/m²

Temp. Impul. : 23 °C Caudal Impul. : 1691 m³/h

Local: Sala de Juntas Hora de Cálculo: 8 Mes de Cálculo: FEB

Superficie : 41.3 m² Altura : 2.5 m AcabadoSuelo: Pavimento / Terrazo

Condiciones exteriores T_s : -4.07 °C Hr : 86 % W : 0.0023067 Kg/Kg a.s. Temp. Terreno : 6

Condiciones interiores T_s : 20 °C Hr : 50 % W : 0.0072621 kg/kg a.s.

Ratio max. Otras cargas : (sensible 0 W/m²) (latente 0 W/m²) (Ratio max. personas/m² : 0.484)

Cerramientos al exterior:

Nombre : Muro Exterior Peso : 434.7 Kg/m² Orientación : Oeste Color : Medio
 Superficie : 6.5 m² K : 0.62 W/m²°C T^a equivalente : -0.2186 °C

C. Sensible : -81 W

Cerramientos interiores:

Nombre: Resto Peso : 149 Kg/m²
 Superficie: 26.3 m² K : 2.336 W/m²°C T^a equivalente : 8.078 °C

C. Sensible : -732 W

Puerta:

Nombre: Puerta Interior Superficie: 1.806 m² K : 0.14 W/m²°C Interior
 Temp. Equivalente : 7.96 °C C Sen. cond.: -3 W

C. Sensible : -3 W

Cerramientos interiores:

Nombre: Resto Peso : 149 Kg/m²
 Superficie: 11.6 m² K : 2.336 W/m²°C T^a equivalente : 20 °C

C. Sensible : 0 W

Cerramientos interiores:

Nombre: PA5BH20EY2 Peso : 391.8 Kg/m²
 Superficie: 41.3 m² K : 2.37 W/m²°C T^a equivalente : 16.97 °C

C. Sensible : -296 W

Cerramientos al exterior:

Nombre : Cubierta Peso : 286.1 Kg/m² Orientación : Horizontal Sol Color : Medio
 Superficie : 41.3 m² K : 0.56 W/m²°C T^a equivalente : -0.6872 °C

C. Sensible : -478 W

Cerramientos al exterior:

Nombre : Muro Exterior Peso : 434.7 Kg/m² Orientación : Norte Color : Medio
 Superficie : 22.34 m² K : 0.62 W/m²°C T^a equivalente : -0.2186 °C

C. Sensible : -280 W

Ventanas:

Nombre: Ventana exterior Superficie: 0.8 m² K : 3.9 W/m²°C Orient.: Norte
 Radiación transmitida ventana : 17 W/m² Fracción Soleada : 0 % SC : 0.83
 C Sen. cond.: -75 W C Sen. inst. rad. : 3 W C Sen. almac. rad. : 1 W
 Existen 4 ventanas iguales

C. Sensible : -284 W

Ocupantes:

Nº Máx. ocupantes: 20 Nº en ese instante : 0 Actividad: Sentado trab.muy ligero /De pie sin mov.
 1.08 Met

Calor sensible por persona : 94 W Calor latente por persona : 30 W

Distribución : Pr. P.Ocupantes

C Sen. inst. : 0 W C Sen. almac. : 20 W C Lat. inst. : 0 W

C. Latente : 0 W C. Sensible : 20 W

Mayoración : Coef Seguridad 5 (%)

C. Latente : 0 W C. Sensible : -107 W

SUMA TOTAL: C. Latente : 0 W C. Sensible : -2241 W

Factor de calor sensible = 1 Calor Total = -2241 W

Ratio Total : -54 W/m² Ratio Sensible : -54 W/m²

Temp. Impul. : 23 °C Caudal Impul. : 2241 m³/h

Local: Oficina 1 Hora de Cálculo: 7 Mes de Cálculo: FEB

Superficie : 14.84 m² Altura : 2.5 m AcabadoSuelo: Pavimento / Terrazo

Condiciones exteriores Ts : -4.574 °C Hr : 90 % W : 0.0023067 Kg/Kg a.s. Temp. Terreno : 6

Condiciones interiores Ts : 20 °C Hr : 50 % W : 0.0072621 kg/kg a.s.

Ratio max. Otras cargas : (sensible 0 W/m²) (latente 0 W/m²) (Ratio max. personas/m² : 0.202)

Cerramientos interiores:

Nombre: Resto Peso : 149 Kg/m²

Superficie: 5.5 m² K : 2.336 W/m²°C T^a equivalente : 8.203 °C

C. Sensible : -151 W

Puerta:

Nombre: Puerta Interior Superficie: 1.806 m² K : 0.14 W/m²°C Interior

Temp. Equivalente : 7.71 °C C Sen. cond.: -3 W

C. Sensible : -3 W

Cerramientos interiores:

Nombre: Resto Peso : 149 Kg/m²

Superficie: 23.8 m² K : 2.336 W/m²°C T^a equivalente : 20 °C

C. Sensible : 0 W

Cerramientos interiores:

Nombre: PA5BH20EY2 Peso : 391.8 Kg/m²

Superficie: 14.84 m² K : 2.37 W/m²°C T^a equivalente : 16.97 °C

C. Sensible : -106 W

Cerramientos al exterior:

Nombre : Cubierta Peso : 286.1 Kg/m² Orientación : Horizontal Sol Color : Medio

Superficie : 14.84 m² K : 0.56 W/m²°C T^a equivalente : -0.3691 °C

C. Sensible : -169 W

Cerramientos al exterior:

Nombre : Muro Exterior Peso : 434.7 Kg/m² Orientación : Norte Color : Medio
Superficie : 6.05 m² K : 0.62 W/m²°C T^a equivalente : -0.09092 °C

C. Sensible : -75 W

Ventanas:

Nombre: Ventana exterior Superficie: 0.8 m² K : 3.9 W/m²°C Orient.: Norte
Radiación transmitida ventana : 2 W/m² Fracción Soleada : 0 % SC : 0.83
C Sen. cond.: -76 W C Sen. inst. rad. : 0 W C Sen. almac. rad. : 1 W

C. Sensible : -75 W

Ocupantes:

Nº Máx. ocupantes: 3 Nº en ese instante : 0 Actividad: Sentado trab.muy ligero /De pie sin mov.
1.08 Met

Calor sensible por persona : 94 W Calor latente por persona : 30 W

Distribución : Pr. P.Ocupantes

C Sen. inst. : 0 W C Sen. almac. : 3 W C Lat. inst. : 0 W

C. Latente : 0 W C. Sensible : 3 W

Mayoración : Coef Seguridad 5 (%)

C. Latente : 0 W C. Sensible : -29 W

SUMA TOTAL: C. Latente : 0 W C. Sensible : -605 W

Factor de calor sensible = 1 Calor Total = -605 W

Ratio Total : -41 W/m² Ratio Sensible : -41 W/m²

Temp. Impul. : 23 °C Caudal Impul. : 605 m³/h

Local: Oficina 2 Hora de Cálculo: 8 Mes de Cálculo: FEB

Superficie : 18.38 m² Altura : 2.5 m AcabadoSuelo: Pavimento / Terrazo

Condiciones exteriores Ts: -4.07 °C Hr : 86 % W : 0.0023067 Kg/Kg a.s. Temp. Terreno : 6

Condiciones interiores Ts : 20 °C Hr : 20 % W : 0.0028846 kg/kg a.s.

Ratio max. Otras cargas : (sensible 0 W/m²) (latente 0 W/m²) (Ratio max. personas/m² : 0.218)

Cerramientos interiores:

Nombre: Resto Peso : 149 Kg/m²

Superficie: 5.9 m² K : 2.336 W/m²°C T^a equivalente : 8.078 °C

C. Sensible : -164 W

Puerta:

Nombre: Puerta Interior Superficie: 1.806 m² K : 0.14 W/m²°C Interior
Temp. Equivalente : 7.96 °C C Sen. cond.: -3 W

C. Sensible : -3 W**Cerramientos interiores:**

Nombre: Resto Peso : 149 Kg/m²
Superficie: 28.4 m² K : 2.336 W/m²°C T^a equivalente : 20 °C

C. Sensible : 0 W**Cerramientos interiores:**

Nombre: PA5BH20EY2 Peso : 391.8 Kg/m²
Superficie: 8.38 m² K : 2.37 W/m²°C T^a equivalente : 16.97 °C

C. Sensible : -60 W**Cerramientos al exterior:**

Nombre : Cubierta Peso : 286.1 Kg/m² Orientación : Horizontal Sol Color : Medio
Superficie : 8.38 m² K : 0.56 W/m²°C T^a equivalente : -0.6872 °C

C. Sensible : -97 W**Cerramientos al exterior:**

Nombre : Muro Exterior Peso : 434.7 Kg/m² Orientación : Norte Color : Medio
Superficie : 6.39 m² K : 0.62 W/m²°C T^a equivalente : -0.2186 °C

C. Sensible : -80 W**Ventanas:**

Nombre: Ventana exterior Superficie: 0.8 m² K : 3.9 W/m²°C Orient.: Norte
Radiación transmitida ventana : 17 W/m² Fracción Soleada : 0 % SC : 0.83
C Sen. cond.: -75 W C Sen. inst. rad. : 3 W C Sen. almac. rad. : 1 W

C. Sensible : -71 W**Ocupantes:**

Nº Máx. ocupantes: 4 Nº en ese instante : 0 Actividad: Sentado trab.muy ligero /De pie sin mov.
1.08 Met

Calor sensible por persona : 94 W Calor latente por persona : 30 W

Distribución : Pr. P.Ocupantes

C Sen. inst. : 0 W C Sen. almac. : 4 W C Lat. inst. : 0 W

C. Latente : 0 W C. Sensible : 4 W**Mayoración : Coef Seguridad 5 (%)****C. Latente : 0 W C. Sensible : -24 W**

SUMA TOTAL: C. Latente : 0 W C. Sensible : -495 W

Factor de calor sensible = 1 Calor Total = -495 W

Ratio Total : -27 W/m² Ratio Sensible : -27 W/m²Temp. Impul. : 23 °C Caudal Impul. : 495 m³/h

Local: Oficina 3 Hora de Cálculo: 8 Mes de Cálculo: FEB

Superficie : 22.55 m² Altura : 2.5 m AcabadoSuelo: Pavimento / Terrazo

Condiciones exteriores Ts: -4.07 °C Hr : 86 % W : 0.0023067 Kg/Kg a.s. Temp. Terreno : 6

Condiciones interiores Ts : 20 °C Hr : 50 % W : 0.0072621 kg/kg a.s.

Ratio max. Otras cargas : (sensible 0 W/m²) (latente 0 W/m²) (Ratio max. personas/m² : 0.222)**Cerramientos interiores:**Nombre: Resto Peso : 149 Kg/m²Superficie: 5.5 m² K : 2.34 W/m²°C T^a equivalente : 8.064 °C**C. Sensible : -153 W****Puerta:**Nombre: Puerta Interior Superficie: 1.806 m² K : 0.14 W/m²°C Interior

Temp. Equivalente : 7.96 °C C Sen. cond.: -3 W

C. Sensible : -3 W**Cerramientos interiores:**Nombre: Resto Peso : 149 Kg/m²Superficie: 21.67 m² K : 2.336 W/m²°C T^a equivalente : 20 °C**C. Sensible : 0 W****Cerramientos interiores:**Nombre: PA5BH20EY2 Peso : 391.8 Kg/m²Superficie: 22.55 m² K : 2.37 W/m²°C T^a equivalente : 16.97 °C**C. Sensible : -161 W****Cerramientos al exterior:**Nombre : Cubierta Peso : 286.1 Kg/m² Orientación : Horizontal Sol Color : MedioSuperficie : 22.55 m² K : 0.56 W/m²°C T^a equivalente : -0.6872 °C**C. Sensible : -261 W****Cerramientos al exterior:**Nombre : Muro Exterior Peso : 434.7 Kg/m² Orientación : Norte Color : MedioSuperficie : 6.84 m² K : 0.62 W/m²°C T^a equivalente : -0.2186 °C**C. Sensible : -85 W****Ventanas:**

Nombre: Ventana exterior Superficie: 0.8 m² K : 3.9 W/m²°C Orient.: Norte

Radiación transmitida ventana : 17 W/m² Fracción Soleada : 0 % SC : 0.83

C Sen. cond.: -75 W C Sen. inst. rad. : 3 W C Sen. almac. rad. : 1 W

C. Sensible : -71 W

Ocupantes:

Nº Máx. ocupantes: 5 Nº en ese instante : 0 Actividad: Sentado trab.muy ligero /De pie sin mov.
1.08 Met

Calor sensible por persona : 94 W Calor latente por persona : 30 W

Distribución : Pr. P.Ocupantes

C Sen. inst. : 0 W C Sen. almac. : 5 W C Lat. inst. : 0 W

C. Latente : 0 W C. Sensible : 5 W

Mayoración : Coef Seguridad 5 (%)

C. Latente : 0 W C. Sensible : -37 W

SUMA TOTAL: C. Latente : 0 W C. Sensible : -766 W

Factor de calor sensible = 1 Calor Total = -766 W

Ratio Total : -34 W/m² Ratio Sensible : -34 W/m²

Temp. Impul. : 23 °C Caudal Impul. : 766 m³/h

Local: Oficina 4 Hora de Cálculo: 8 Mes de Cálculo: FEB

Superficie : 12.18 m² Altura : 2.5 m AcabadoSuelo: Pavimento / Terrazo

Condiciones exteriores Ts: -4.07 °C Hr : 86 % W : 0.0023067 Kg/Kg a.s. Temp. Terreno : 6

Condiciones interiores Ts : 20 °C Hr : 50 % W : 0.0072621 kg/kg a.s.

Ratio max. Otras cargas : (sensible 0 W/m²) (latente 0 W/m²) (Ratio max. personas/m² : 0.411)

Cerramientos al exterior:

Nombre : Muro Exterior Peso : 434.7 Kg/m² Orientación : Este Color : Medio

Superficie : 6.7 m² K : 0.62 W/m²°C T^a equivalente : -0.2186 °C

C. Sensible : -83 W

Cerramientos interiores:

Nombre: Resto Peso : 149 Kg/m²

Superficie: 6.34 m² K : 2.336 W/m²°C T^a equivalente : 20 °C

C. Sensible : 0 W

Cerramientos al exterior:

Nombre : Muro Exterior Peso : 434.7 Kg/m² Orientación : Norte Color : Medio
Superficie : 9.37 m² K : 0.62 W/m²°C T^a equivalente : -0.2186 °C

C. Sensible : -117 W**Ventanas:**

Nombre: Ventana exterior Superficie: 0.8 m² K : 3.9 W/m²°C Orient.: Norte
Radiación transmitida ventana : 17 W/m² Fracción Soleada : 0 % SC : 0.83
C Sen. cond.: -75 W C Sen. inst. rad. : 3 W C Sen. almac. rad. : 1 W

C. Sensible : -71 W**Cerramientos interiores:**

Nombre: PA5BH20EY2 Peso : 391.8 Kg/m²
Superficie: 12.18 m² K : 2.37 W/m²°C T^a equivalente : 16.97 °C

C. Sensible : -87 W**Cerramientos al exterior:**

Nombre : Cubierta Peso : 286.1 Kg/m² Orientación : Horizontal Sol Color : Medio
Superficie : 12.18 m² K : 0.56 W/m²°C T^a equivalente : -0.6872 °C

C. Sensible : -141 W**Cerramientos interiores:**

Nombre: Resto Peso : 149 Kg/m²
Superficie: 8.75 m² K : 2.336 W/m²°C T^a equivalente : 8.078 °C

C. Sensible : -243 W**Puerta:**

Nombre: Puerta Interior Superficie: 1.806 m² K : 0.14 W/m²°C Interior
Temp. Equivalente : 7.96 °C C Sen. cond.: -3 W

C. Sensible : -3 W**Ocupantes:**

Nº Máx. ocupantes: 5 Nº en ese instante : 5 Actividad: Sentado trab.muy ligero /De pie sin mov.
1.08 Met

Calor sensible por persona : 94 W Calor latente por persona : 30 W

Distribución : Constante 100%

C Sen. inst. : 345 W C Sen. almac. : 94 W C Lat. inst. : 150 W

C. Latente : 150 W C. Sensible : 439 W**Mayoración : Coef Seguridad 5 (%)****C. Latente : 7 W C. Sensible : -16 W**

SUMA TOTAL: C. Latente : 157 W C. Sensible : -322 W

Factor de calor sensible = 1.95 Calor Total = -165 W

Ratio Total : -14 W/m² Ratio Sensible : -26 W/m²Temp. Impul. : 23 °C Caudal Impul. : 322 m³/h

Local: Gimnasio Hora de Cálculo: 8 Mes de Cálculo: FEB

Superficie : 270 m² Altura : 2.5 m AcabadoSuelo: Estándar

Condiciones exteriores Ts : -4.07 °C Hr : 86 % W : 0.0023067 Kg/Kg a.s. Temp. Terreno : 6

Condiciones interiores Ts : 15 °C Hr : 50 % W : 0.0052788 kg/kg a.s.

Ratio max. Otras cargas : (sensible 0 W/m²) (latente 0 W/m²) (Ratio max. personas/m² : 0.2)**Cerramientos al exterior:**Nombre : Muro Exterior Peso : 434.7 Kg/m² Orientación : Sur Color : MedioSuperficie : 73.74 m² K : 0.62 W/m²°C T^a equivalente : -0.2186 °C**C. Sensible : -695 W****Ventanas:**Nombre: Ventana exterior Superficie: 2.46 m² K : 5.8 W/m²°C Orient.: SurRadiación transmitida ventana : 17 W/m² Fracción Soleada : 0 % SC : 0.96

C Sen. cond.: -272 W C Sen. inst. rad. : 21 W C Sen. almac. rad. : 3 W

C. Sensible : -248 W**Cerramientos interiores:**Nombre: Resto Peso : 149 Kg/m²Superficie: 15.2 m² K : 2.336 W/m²°C T^a equivalente : 5.578 °C**C. Sensible : -334 W****Puerta:**Nombre: Puerta Interior Superficie: 1.806 m² K : 0.14 W/m²°C Interior

Temp. Equivalente : 5.46 °C C Sen. cond.: -2 W

C. Sensible : -2 WNombre : LH30EY2 Peso : 747 Kg/m²Superficie : 61.4 m² K : 2.4 W/m²°C T^a terreno : 5.998 °C**C. Sensible : -1326 W**Nombre : PA5PF2LA20CA15 Peso : 580.4 Kg/m²Superficie : 270 m² K : 0.86 W/m²°C T^a terreno : 6.028 °C**C. Sensible : -2083 W****Cerramientos interiores:**Nombre: PA5BH20EY2 Peso : 391.8 Kg/m²

Superficie: 270 m² K : 2.37 W/m²°C T^a equivalente : 6.353 °C

C. Sensible : -5533 W

Ocupantes:

Nº Máx. ocupantes: 54 Nº en ese instante : 0 Actividad: De pie trabajo muy pesado 4.54 Met

Calor sensible por persona : 193 W Calor latente por persona : 329 W

Distribución : P.B.Ocupantes

C Sen. inst. : 0 W C Sen. almac. : 126 W C Lat. inst. : 0 W

C. Latente : 0 W C. Sensible : 126 W

Mayoración : Coef Seguridad 5 (%)

C. Latente : 0 W C. Sensible : -505 W

SUMA TOTAL: C. Latente : 0 W C. Sensible : -10600 W

Factor de calor sensible = 1 Calor Total = -10600 W

Ratio Total : -39 W/m² Ratio Sensible : -39 W/m²

Temp. Impul. : 23 °C Caudal Impul. : 3975 m³/h

Local: Vestuario 1 Hora de Cálculo: 7 Mes de Cálculo: FEB

Superficie : 21.8 m² Altura : 2.5 m AcabadoSuelo: Pavimento / Terrazo

Condiciones exteriores Ts : -4.574 °C Hr : 90 % W : 0.0023067 Kg/Kg a.s. Temp. Terreno : 6

Condiciones interiores Ts : 20 °C Hr : 50 % W : 0.0072621 kg/kg a.s.

Ratio max. Otras cargas : (sensible 0 W/m²) (latente 0 W/m²) (Ratio max. personas/m² : 0.505)

Cerramientos al exterior:

Nombre : Muro Exterior Peso : 434.7 Kg/m² Orientación : Sur Color : Medio

Superficie : 6.25 m² K : 0.62 W/m²°C T^a equivalente : -0.09092 °C

C. Sensible : -77 W

Ventanas:

Nombre: Ventana exterior Superficie: 0.56 m² K : 5.8 W/m²°C Orient.: Sur

Radiación transmitida ventana : 2 W/m² Fracción Soleada : 0 % SC : 0.96

C Sen. cond.: -79 W C Sen. inst. rad. : 0 W C Sen. almac. rad. : 0 W

Existen 3 ventanas iguales

C. Sensible : -237 W

Cerramientos interiores:

Nombre: Resto Peso : 149 Kg/m²
 Superficie: 8.37 m² K : 2.336 W/m²°C T^a equivalente : 20 °C

C. Sensible : 0 W

Cerramientos interiores:

Nombre: Resto Peso : 149 Kg/m²
 Superficie: 22 m² K : 2.336 W/m²°C T^a equivalente : 15 °C

C. Sensible : -256 W

Puerta:

Nombre: Puerta Interior Superficie: 1.806 m² K : 0.14 W/m²°C Interior
 Temp. Equivalente : 25 °C C Sen. cond.: 1 W

C. Sensible : 1 W

Nombre : PA5PF2LA20CA15 Peso : 580.4 Kg/m²
 Superficie : 21.8 m² K : 0.86 W/m²°C T^a terreno : 6.028 °C

C. Sensible : -261 W

Cerramientos interiores:

Nombre: PA5BH20EY2 Peso : 391.8 Kg/m²
 Superficie: 21.8 m² K : 2.37 W/m²°C T^a equivalente : 19.97 °C

C. Sensible : -1 W

Ocupantes:

Nº Máx. ocupantes: 11 Nº en ese instante : 0 Actividad: Sentado trab.muy ligero /De pie sin mov.
 1.08 Met

Calor sensible por persona : 94 W Calor latente por persona : 30 W

Distribución : P.B.Ocupantes

C Sen. inst. : 0 W C Sen. almac. : 17 W C Lat. inst. : 0 W

C. Latente : 0 W C. Sensible : 17 W

Mayoración : Coef Seguridad 5 (%)

C. Latente : 0 W C. Sensible : -41 W

SUMA TOTAL: C. Latente : 0 W C. Sensible : -855 W

Factor de calor sensible = 1 Calor Total = -855 W

Ratio Total : -39 W/m² Ratio Sensible : -39 W/m²

Temp. Impul. : 23 °C Caudal Impul. : 855 m³/h

Local: Vestuario 2 Hora de Cálculo: 7 Mes de Cálculo: FEB

Superficie : 22 m² Altura : 2.5 m AcabadoSuelo: Pavimento / Terrazo

Condiciones exteriores Ts: -4.574 °C Hr : 90 % W : 0.0023067 Kg/Kg a.s. Temp. Terreno : 6

Condiciones interiores Ts : 20 °C Hr : 50 % W : 0.0072621 kg/kg a.s.

Ratio max. Otras cargas : (sensible 0 W/m²) (latente 0 W/m²) (Ratio max. personas/m² : 0.5)

Cerramientos al exterior:

Nombre : Muro Exterior Peso : 434.7 Kg/m² Orientación : Sur Color : Medio

Superficie : 9.1 m² K : 0.62 W/m²°C T^a equivalente : -0.09092 °C

C. Sensible : -113 W

Ventanas:

Nombre: Ventana exterior Superficie: 0.56 m² K : 5.8 W/m²°C Orient.: Sur

Radiación transmitida ventana : 2 W/m² Fracción Soleada : 0 % SC : 0.96

C Sen. cond.: -79 W C Sen. inst. rad. : 0 W C Sen. almac. rad. : 0 W

Existen 3 ventanas iguales

C. Sensible : -237 W

Cerramientos interiores:

Nombre: Resto Peso : 149 Kg/m²

Superficie: 8.37 m² K : 2.336 W/m²°C T^a equivalente : 20 °C

C. Sensible : 0 W

Cerramientos interiores:

Nombre: Resto Peso : 149 Kg/m²

Superficie: 26.51 m² K : 2.336 W/m²°C T^a equivalente : 15 °C

C. Sensible : -309 W

Puerta:

Nombre: Puerta Interior Superficie: 1.806 m² K : 0.14 W/m²°C Interior

Temp. Equivalente : 15 °C C Sen. cond.: -1 W

C. Sensible : -1 W

Cerramientos interiores:

Nombre: PA5BH20EY2 Peso : 391.8 Kg/m²

Superficie: 22 m² K : 2.37 W/m²°C T^a equivalente : 19.97 °C

C. Sensible : -1 W

Nombre : PA5PF2LA20CA15 Peso : 580.4 Kg/m²

Superficie : 22 m² K : 0.86 W/m²°C T^a terreno : 6.028 °C

C. Sensible : -264 W

Ocupantes:

Nº Máx. ocupantes: 11 Nº en ese instante : 0 Actividad: Sentado trab.muy ligero /De pie sin mov.

1.08 Met

Calor sensible por persona : 94 W Calor latente por persona : 30 W

Distribución : P.B.Ocupantes

C Sen. inst. : 0 W C Sen. almac. : 17 W C Lat. inst. : 0 W

C. Latente : 0 W C. Sensible : 17 W**Mayoración : Coef Seguridad 5 (%)**

C. Latente : 0 W C. Sensible : -46 W

SUMA TOTAL: C. Latente : 0 W C. Sensible : -954 W

Factor de calor sensible = 1 Calor Total = -954 W

Ratio Total : -43 W/m² Ratio Sensible : -43 W/m²Temp. Impul. : 23 °C Caudal Impul. : 954 m³/h**Zona: Primera Planta Hora de Cálculo: 7 Mes de Cálculo: FEB****Ventilación: 2033 m³/h****C. Latente : -8066 W C. Sensible : -16336 W****Mayoración Zona: Coef Seguridad 5 (%)****C. Latente : -404 W C. Sensible : -1965 W**

Suma : C. Latente : -8470 W C. Sensible : -41253 W

Factor de calor sensible = 0.82 Calor Total = -49723 W

Ratio Total : -117 W/m² Ratio Sensible : -97 W/m²Equipo zona con toma de aire exterior constante Temp. Impul. : 23 °C Caudal Impul. : 22287 m³/h**Zona: Primera Planta Hora de Cálculo: 7 Mes de Cálculo: FEB****Ventilación: 1209 m³/h****C. Latente : -4391 W C. Sensible : -9901 W**

Mayoración Zona: Coef Seguridad 5 (%)

C. Latente : -213 W C. Sensible : -706 W

Suma : C. Latente : -4454 W C. Sensible : -14814 W

Factor de calor sensible = 0.76 Calor Total = -19268 W

Ratio Total : -176 W/m² Ratio Sensible : -136 W/m²

Equipo zona con toma de aire exterior constante Temp. Impul. : 23 °C Caudal Impul. : 4420 m³/h

Zona: Planta Sotano Hora de Cálculo: 7 Mes de Cálculo: FEB

Ventilación: 4020 m³/h

C. Latente : -10182 W C. Sensible : -26450 W

Mayoración Zona: Coef Seguridad 5 (%)

C. Latente : -510 W C. Sensible : -1908 W

Suma : C. Latente : -10692 W C. Sensible : -40060 W

Factor de calor sensible = 0.78 Calor Total = -50752 W

Ratio Total : -162 W/m² Ratio Sensible : -128 W/m²

Equipo zona con toma de aire exterior constante Temp. Impul. : 23 °C Caudal Impul. : 5739 m³/h

Edificio Hora de Cálculo: 7 Mes de Cálculo: FEB

Superficie : 848.96 m²

Condiciones exteriores Ts : -4.574 °C Hr : 90 % W : 0.0023067 Kg/Kg a.s. Temp. Terreno : 6

Ratio max. Otras cargas : (sensible 0 W/m²) (latente 0 W/m²) (Ratio max. personas/m² : 0.363)

Ventilación: 4020 m³/h

C. Latente : -10182 W C. Sensible : -26450 W

Mayoración Edificio : Coef Seguridad 5 (%)

C. Latente : -1125 W C. Sensible : -4578 W

SUMA: C. Latente: -23614 W C. Sensible: -96126 W

Factor de calor sensible = 0.8 Calor Total = -119740 W

Ratio Total : -141 W/m² Ratio Sensible : -113 W/m²

2.1.1.4. Resumen resultados cargas térmicas.

Los resultados obtenidos en el programa dpClima se presentan en la Tabla 2.24 a modo de resumen.

Local	Dependencia	Superficie (m ²)	Cargas (W)
	Aseos Caballeros	57,22	1.805
	Aseos Señoras	45,91	1.834
	Taquilla 1	16,44	1.417
	Taquilla 2	16,44	1.214
	Conserje	8,32	712
	Enfermería	20,32	1.529
	Vestuarios (6)	28,3	1.675
	Vestuarios Monitor (4)	9,72	619
	Vestuario 1	22,15	1.378
	Vestuario 2	30,33	1.691
Planta General		425,91	49.723
	Gimnasio	270	10.600
	Vestuario 1	22	855
	Vestuario 2	22	954
Planta Sótano		313,8	50.752
	Sala Juntas	41,3	2.241
	Oficina 1	14,84	605
	Oficina 2	18,38	495
	Oficina 3	22,55	766
	Oficina 4	12,18	165
Primera Planta		109,25	19.268
EDIFICIO		849	119.740

Tabla 2.24. Resumen resultados cargas térmicas.

La carga total de calefacción calculada por el dpClima se refiere a las máximas potencias requeridas en el total del edificio, no como suma de las máximas de los locales del edificio.

2.1.2 Cálculo de la energía necesaria para calefacción y ACS.

2.1.2.1. Energía necesaria para ACS.

Los cálculos descritos a continuación han estado realizados siguiendo las fórmulas del libro “Producció de l’energia tèrmica” de la Dra. Lluïsa F. Cabeza.

La normativa actual obliga a los edificios de nueva construcción o rehabilitación, a cubrir la demanda energética para producción de ACS con una mínima aportación solar. Este mínimo de energía solar que hace falta aportar al sistema variará en función de las diferentes zonas climáticas, y según las exigencias básicas HE-4 del documento básico para ahorro de energía del Código Técnico de la Edificación, año 2006, “Contribución solar mínima de ACS”, la ciudad de Fraga pertenece a la zona climática III, ver Figura 2.14.

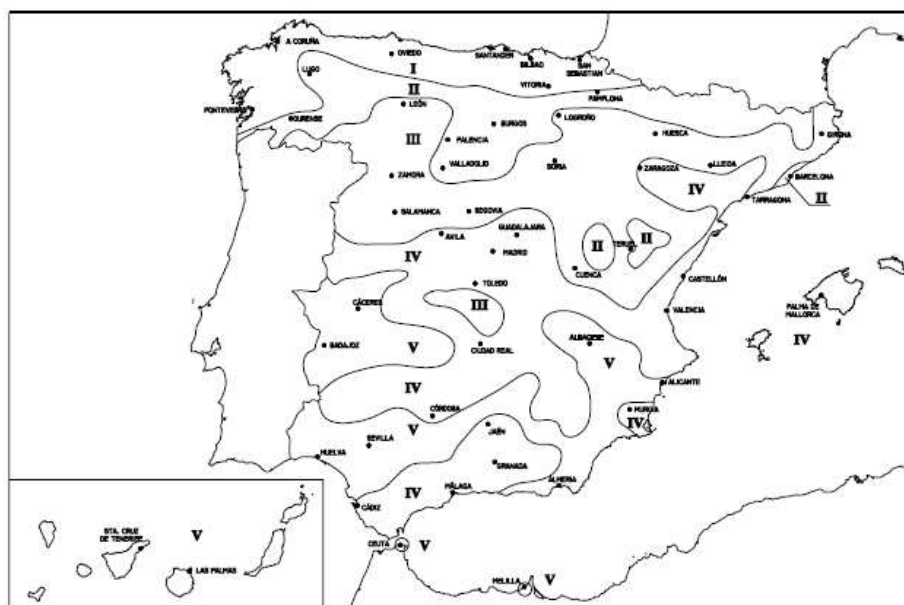


Figura 2.14. Mapa de las zonas climáticas en España.

La demanda media de ACS en litros/día, según tipo y finalidad del edificio, viene establecida por la HE-4 del CTE (Figura 2.15).

Criterio de demanda	Litros ACS/día a 60° C	
Viviendas unifamiliares	30	por persona
Viviendas multifamiliares	22	por persona
Hospitales y clínicas	55	por cama
Hotel ****	70	por cama
Hotel ***	55	por cama
Hotel/Hostal **	40	por cama
Camping	40	por emplazamiento
Hostal/Pensión *	35	por cama
Residencia (ancianos, estudiantes, etc)	55	por cama
Vestuarios/Duchas colectivas	15	por servicio
Escuelas	3	por alumno
Cuarteles	20	por persona
Fábricas y talleres	15	por persona
Oficinas	3	por persona
Gimnasios	20 a 25	por usuario
Lavanderías	3 a 5	por kilo de ropa
Restaurantes	5 a 10	por comida
Cafeterías	1	por almuerzo

Figura 2.15. Demanda de ACS en diferentes tipos de locales

En este caso, se trata de un edificio en el que el consumo de ACS se basará en las duchas y vestuarios de la instalación, considerándose un consumo de 15 litros por servicio. En cuanto al número de duchas que hay en el edificio, se han considerado que existen unas 75 duchas. Hay que tener en cuenta que estas duchas se utilizarán en más de 1 ocasión al día, por lo que se considera oportuno tener en cuenta que existen 150 duchas.

La temperatura del servicio del agua caliente sanitaria se considera a unos 60°C, correspondiente a la temperatura en las duchas, tal y como se determina en la nueva normativa del CTE.

La temperatura de red del agua se considerará según la tabla 5.6 del libro “Producció de l’energia tèrmica”, respecto de la ciudad de Lleida (Tabla 2.25).

Mes	T _{red} (°C)
Enero	5
Febrero	6
Marzo	8
Abril	10
Mayo	11
Junio	12
Julio	13
Agosto	12
Septiembre	11
Octubre	10
Noviembre	8
Diciembre	5

Tabla 2.25. Temperatura del agua de red en Lleida.

La carga mensual de calentamiento de ACS (L_{ACS}) se puede calcular siguiendo la ecuación 2.1.

$$L_{ACS} = 15 \frac{L}{serv \cdot dia} \cdot n \cdot N \cdot \rho_{H_2O} \cdot c_{pH_2O} \cdot (60^\circ C - T_{red})$$

Ec 2.1

Donde:

- N son los días del mes,
- n son los servicios que se consideran en el edificio (150 duchas)
- ρ_{H_2O} es la densidad del agua (1 kg/L),
- c_{pH_2O} es el calor específica del agua (4,186 J/kg.°C),
- T_{red} es la temperatura del agua de la red de suministro.

Los resultados que se obtienen de la carga necesaria para ACS se muestran en la Tabla 2.26.

La media diaria de consumo de ACS a 60°C en el edificio es de 2.250 litros. El porcentaje de contribución solar mínima en instalaciones solares térmicas para ACS, según la normativa establecida por el CTE, se muestra en la Figura 2.16.

Mes	MJ
Enero	15.571,9
Febrero	13.713,3
Marzo	14.404,0
Abril	13.185,9
Mayo	13.236,1
Junio	12.432,4
Julio	12.457,5
Agosto	12.846,8
Septiembre	12.809,2
Octubre	13.625,4
Noviembre	13.939,4
Diciembre	15.571,9
TOTAL	167.793,8

Tabla 2.26. Resultados de las cargas mensuales de ACS.

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
50-5.000	30	30	50	60	70
5.000-6.000	30	30	55	65	70
6.000-7.000	30	35	61	70	70
7.000-8.000	30	45	63	70	70
8.000-9.000	30	52	65	70	70
9.000-10.000	30	55	70	70	70
10.000-12.500	30	65	70	70	70
12.500-15.000	30	70	70	70	70
15.000-17.500	35	70	70	70	70
17.500-20.000	45	70	70	70	70
> 20.000	52	70	70	70	70

Figura 2.16. Contribución solar mínima, en %, para los casos generales.

Viendo la Figura 2.16, para una demanda total de ACS de 2.250 litros, es necesario cubrir, al menos, el 50% de la demanda a través de la energía solar, pero aun con todo esto, en nuestra instalación se pretende cubrir al completo toda la demanda de ACS en los días en que las condiciones solares y climáticas sean favorables. Si hay un excedente de energía, se recirculará el fluido por la noche, consiguiendo un enfriamiento del fluido y una disminución de la energía conseguida, tal como se establece en la HE-4 del CTE.

2.1.2.2. Energía necesaria para calefacción.

Los resultados de la energía necesaria para calefacción que necesita el edificio se obtienen directamente del programa dpClima (Tabla 2.27). El programa facilita la energía máxima que necesita el edificio en cada mes.

Mes	Energía Calefacción (W)
Enero	118.408
Febrero	119.740
Marzo	105.859
Abril	75.491
Mayo	33.600
Junio	0
Julio	0
Agosto	0
Septiembre	0
Octubre	61.198
Noviembre	85.233
Diciembre	105.514

Tabla 2.27. Energía necesaria para calefacción en cada mes.

Como se puede ver en la Tabla 2.27, durante los meses de junio, julio, agosto y septiembre se han omitido las necesidades de calefacción ya que, a partir del 1 de junio, la instalación de calefacción estará fuera de servicio debido al bajo o nulo consumo de energía para calefacción durante este periodo.

2.1.2.3. Energía Total.

La energía total que necesitará el sistema para poder abastecer todo el edificio es la suma de la energía que necesita para la calefacción y la que necesita para ACS; $L_{TOT} = L_{CAL} + L_{ACS}$. El resultado de esta energía total se muestra en la Tabla 2.28.

Mes	ACS (MJ)	Calefacción (MJ)	Total (MJ)
Enero	15.571,9	317.096,6	332.668,5
Febrero	13.713,3	289.651,0	303.364,4
Marzo	14.404,0	283.490,4	297.894,4
Abril	13.185,9	195.672,7	208.858,6
Mayo	13.236,1	89.980,8	103.216,9
Junio	12.432,4	0	12.432,4
Julio	12.457,5	0	12.457,5
Agosto	12.846,8	0	12.846,8
Septiembre	12.809,2	0	12.809,2
Octubre	13.625,4	163.888,3	177.513,6
Noviembre	13.939,4	220.923,9	234.863,3
Diciembre	15.571,9	282.566,5	298.138,4
TOTAL			2.007.064,00

Tabla 2.28. Energía total mensual de calefacción y ACS, en MJ.

2.1.3. Cálculo de la radiación solar incidente.

Para poder hacer un diseño exhaustivo de un equipo térmico que utilice la energía solar, es necesario conocer la energía disponible en lugar donde se tenga que captar esta energía. Para poder determinar este valor, se sigue la metodología que aparece en el libro “Producció de l’energia tèrmica” de la Dra. Lluïsa F. Cabeza.

Primero se definen las variables que aparecen en el cálculo:

- β = inclinación de la superficie sobre la que incide la radiación, expresada en ($^{\circ}$), se variará para encontrar la inclinación óptima.
- γ = azimut solar, orientación de la superficie objeto de estudio respecto al eje norte - sur de la Tierra, expresada en ($^{\circ}$). Su valor es positivo en sentido oeste y negativo en sentido este. Su valor es constante ya que depende de la posición del edificio.
- \varnothing = latitud geográfica del lugar de estudio, expresada en ($^{\circ}$).
- n = día característico del mes que se considera que recibe la radiación media mensual, datos calculados empíricamente.
- δ = declinación solar expresada en ($^{\circ}$).

- w_s = ángulo de puesta de sol, expresado en ($^{\circ}$).
- \overline{H} = radiación solar sobre una superficie horizontal, $MJ / m^2 \cdot dia$. Datos empíricos.
- \overline{H}_d = radiación solar difusa, $MJ / m^2 \cdot dia$.
- \overline{K}_t = índice de nubulosidad, viene dado por datos empíricos.
- ρ = reflectancia del suelo, dato adimensional.
- w_s^{\wedge} = ángulo horario correspondiente a la puesta el Sol para una superficie inclinada, expresado en ($^{\circ}$).
- N_{dm} = número de días que tiene cada mes.
- N_{hc} = días de Sol que hay en cada mes. Dato proporcionado por el Instituto Nacional de Meteorología.
- I_s = irradiación solar media sobre una superficie, MJ / m^2 .

Justificación de la orientación e inclinación de los colectores:

Según las recomendaciones del ITE 10.1 del RITE, y según el documento básico HE de Ahorro de Energía, la orientación óptima de los colectores será en dirección Sur, admitiendo desviaciones máximas de hasta 25° . Por tanto, en este termino, dicha instalación cumple con la normativa vigente al diseñarse orientada al Sur.

Pasos que se han seguido para la realización del cálculo de la radiación:

Datos conocidos:

Latitud de Fraga: $41,5^{\circ}$

Azimut: 0° (orientación norte del edificio)

Reflectancia: 0,4

Orientación de los colectores solares: sur.

Se calcula la declinación solar:

$$\delta = 23,45^{\circ} \cdot \text{sen} \left[360 \left(\frac{284 + n}{365} \right) \right]$$

Ec 2.2.

De donde n (día característico de cada mes) se obtiene de la Tabla 2.298:

Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
n	17	47	75	105	135	162	198	228	258	288	318	344

Tabla 2.29. Día característico de cada mes.

El ángulo de puesta de Sol se calcula con la ecuación 2.3:

$$w_s = \arccos(-\tan \phi \cdot \tan \delta)$$

Ec 2.3.

La radiación solar incidente sobre cualquier superficie, sea cual sea su inclinación, se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\overline{H}_t = \overline{H} \cdot \left[\left(1 - \frac{\overline{H}_d}{\overline{H}} \right) \cdot \overline{R}_b + \frac{\overline{H}_d}{\overline{H}} \left(\frac{1 + \cos \beta}{2} \right) + \rho \left(\frac{1 - \cos \beta}{2} \right) \right]$$

Ec 2.4.

El cociente $\frac{\overline{H}_d}{\overline{H}}$ se calcula con la ecuación 2.5:

$$\frac{\overline{H}_d}{\overline{H}} = 1,39 - 4,027 \cdot \overline{K}_t + 5,53 \cdot \overline{K}_t^2 - 3,108 \cdot \overline{K}_t^3$$

Ec 2.5.

Los valores de \overline{H} y \overline{K}_t se extraen de tablas, y sus valores para la localidad de Fraga (tomamos como referencia los valores para la ciudad de Lleida), según el libro “Producció de l’energia tèrmica” de L. F. Cabeza, se muestran en la Tabla 2.30.

Mes	\bar{H} MJ / m ² día	\bar{K}_t
Enero	6,078	0,44
Febrero	12,168	0,62
Marzo	15,592	0,58
Abril	19,226	0,56
Mayo	21,954	0,53
Junio	24,262	0,58
Julio	24,638	0,61
Agosto	21,340	0,59
Septiembre	16,740	0,57
Octubre	11,980	0,54
Noviembre	6,302	0,4
Diciembre	4,006	0,32

Tabla 2.30. Radiación solar e índice de nubulosidad para la ciudad de Lleida.

La irradiación solar media, I_s , se calcula siguiendo la ecuación 2.6, y es necesaria poder determinar que tipo de captador solar es el más adecuado.

$$I_s = \frac{\bar{H}_T \cdot N_{dm} \cdot 10^6 J}{N_{hc} \cdot 1MJ} \cdot \frac{1h}{3.600s}$$

Ec 2.6.

Donde \bar{H}_T es el valor de la media mensual diaria de radiación solar sobre una superficie inclinada, N_{dm} es el número de días que tiene cada mes, y N_{hc} son los días de Sol que hay en cada mes. Este dato es proporcionado por el Instituto Nacional de Meteorología, y se muestran el la Tabla 2.31.

Mes	N_{hc} (h/mes)
Enero	116
Febrero	167
Marzo	226
Abril	248
Mayo	279
Junio	313
Julio	348
Agosto	313
Septiembre	250
Octubre	200
Noviembre	137
Diciembre	96

Tabla 2.31. Número de horas de Sol en cada mes

En las Tablas de 2.32 a 2.43, se pueden ver los valores obtenidos, mediante una hoja de cálculo, de la media mensual diaria de radiación solar sobre una superficie inclinada (\bar{H}_T) y la irradiación solar media que recibe el edificio (I_s) para las diversas inclinaciones de los colectores (β).

Mes	\bar{H}_T [$MJ / m^2 / dia$]	I_s [W / m^2]
Enero	8,194	608,302
Febrero	15,719	732,095
Marzo	18,059	688,123
Abril	20,263	680,905
Mayo	21,435	661,584
Junio	22,765	606,117
Julio	23,498	581,472
Agosto	21,796	599,644
Septiembre	18,674	622,497
Octubre	14,666	631,469
Noviembre	8,131	494,596
Diciembre	5,175	464,233

TOTAL	2113,056
TOTAL AÑO	6187,699

Tabla 2.32. Radiación e irradiación solar para una inclinación de $\beta = 15^\circ$.

Mes	\bar{H}_T [MJ / m ² / dia]	I_s [W / m ²]
Enero	8,820	654,755
Febrero	16,737	779,542
Marzo	18,699	712,491
Abril	20,534	689,995
Mayo	21,533	664,620
Junio	22,845	608,228
Julio	23,606	584,121
Agosto	22,003	605,363
Septiembre	19,139	637,993
Octubre	15,414	663,681
Noviembre	8,664	527,041
Diciembre	5,519	495,115

TOTAL	2230,668
TOTAL AÑO	6032,830

Tabla 2.33. Radiación e irradiación solar para una inclinación de $\beta = 20^\circ$.

Mes	\bar{H}_T [MJ / m ² / dia]	I_s [W / m ²]
Enero	9,3978	697,640
Febrero	17,660	822,519
Marzo	19,238	733,037
Abril	20,690	695,244
Mayo	21,488	663,214
Junio	22,744	605,538
Julio	23,533	582,318
Agosto	22,077	607,376
Septiembre	19,504	650,134
Octubre	16,079	692,293
Noviembre	9,152	556,736
Diciembre	5,836	523,550

TOTAL	2336,203
TOTAL AÑO	6304,414

Tabla 2.34. Radiación e irradiación solar para una inclinación de $\beta = 25^\circ$.

Mes	\bar{H}_T [MJ / m ² / dia]	I_s [W / m ²]
Enero	9,9231	736,630
Febrero	18,480	860,700
Marzo	19,673	749,608
Abril	20,732	696,644
Mayo	21,303	657,502
Junio	22,470	598,257
Julio	23,287	576,234
Agosto	22,017	605,728
Septiembre	19,764	658,828
Octubre	16,654	717,087
Noviembre	9,592	583,457
Diciembre	6,1240	549,322

TOTAL	2428,861
TOTAL AÑO	6382,724

Tabla 2.35. Radiación e irradiación solar para una inclinación de $\beta = 30^\circ$.

Mes	\bar{H}_T [MJ / m ² / dia]	I_s [W / m ²]
Enero	10,391	771,430
Febrero	19,191	893,795
Marzo	20,000	762,075
Abril	20,659	694,207
Mayo	20,982	647,610
Junio	22,031	586,567
Julio	22,874	566,018
Agosto	21,826	600,471
Septiembre	19,920	664,011
Octubre	17,137	737,873
Noviembre	9,979	606,999
Diciembre	6,379	572,234

TOTAL	2507,929
TOTAL AÑO	6422,452

Tabla 2.36. Radiación e irradiación solar para una inclinación de $\beta = 35^\circ$.

Mes	\bar{H}_T [MJ / m ² / dia]	I_s [W / m ²]
Enero	10,800	801,774
Febrero	19,787	921,551
Marzo	20,217	770,344
Abril	20,473	687,965
Mayo	20,530	633,660
Junio	21,432	570,632
Julio	22,300	551,810
Agosto	21,506	591,671
Septiembre	19,969	665,644
Octubre	17,523	754,495
Noviembre	10,310	627,184
Diciembre	6,601	592,112

TOTAL	2572,808
TOTAL AÑO	6423,545

Tabla 2.37. Radiación e irradiación solar para una inclinación de $\beta = 40^\circ$.

Mes	\bar{H}_T [MJ / m ² / dia]	I_s [W / m ²]
Enero	11,146	827,431
Febrero	20,263	943,758
Marzo	20,323	774,353
Abril	20,176	677,970
Mayo	19,951	615,782
Junio	20,680	550,606
Julio	21,570	533,743
Agosto	21,060	579,404
Septiembre	19,911	663,715
Octubre	17,810	766,824
Noviembre	10,585	643,859
Diciembre	6,787	608,804

TOTAL	2623,004
TOTAL AÑO	6386,101

Tabla 2.38. Radiación e irradiación solar para una inclinación de $\beta = 45^\circ$.

Mes	\bar{H}_T [MJ / m ² / dia]	I_s [W / m ²]
Enero	11,426	848,207
Febrero	20,617	960,245
Marzo	20,315	774,070
Abril	19,769	664,297
Mayo	19,249	594,106
Junio	19,780	526,631
Julio	20,689	511,947
Agosto	20,491	563,760
Septiembre	19,747	658,239
Octubre	17,994	774,769
Noviembre	10,799	656,895
Diciembre	6,9363	622,184

TOTAL	2658,136
TOTAL AÑO	6310,379

Tabla 2.39. Radiación e irradiación solar para una inclinación de $\beta = 50^\circ$.

Mes	\bar{H}_T [MJ / m ² / dia]	I_s [W / m ²]
Enero	11,638	863,942
Febrero	20,846	970,889
Marzo	20,195	769,499
Abril	19,255	647,041
Mayo	18,427	568,764
Junio	18,736	498,844
Julio	19,662	486,551
Agosto	19,804	544,844
Septiembre	19,477	649,257
Octubre	18,075	778,267
Noviembre	10,952	666,195
Diciembre	7,047	632,149

TOTAL	2677,936
TOTAL AÑO	6196,794

Tabla 2.40. Radiación e irradiación solar para una inclinación de $\beta = 55^\circ$.

Mes	\bar{H}_T [MJ / m ² / dia]	I_s [W / m ²]
Enero	11,780	874,517
Febrero	20,947	975,607
Marzo	19,964	760,673
Abril	18,639	626,319
Mayo	17,492	539,889
Junio	17,554	467,361
Julio	18,495	457,669
Agosto	19,001	522,769
Septiembre	19,105	636,836
Octubre	18,053	777,292
Noviembre	11,042	671,687
Diciembre	7,119	638,625

TOTAL	2682,253
TOTAL AÑO	6045,896

Tabla 2.41. Radiación e irradiación solar para una inclinación de $\beta = 60^\circ$.

Mes	\bar{H}_T [MJ / m ² / dia]	I_s [W / m ²]
Enero	11,852	879,853
Febrero	20,921	974,364
Marzo	19,622	747,660
Abril	17,923	602,261
Mayo	16,446	507,601
Junio	16,236	432,271
Julio	17,191	425,400
Agosto	18,089	497,656
Septiembre	18,632	621,069
Octubre	17,926	771,853
Noviembre	11,069	673,329
Diciembre	7,1523	641,561

TOTAL	2671,055
TOTAL AÑO	5858,336

Tabla 2.42. Radiación e irradiación solar para una inclinación de $\beta = 65^\circ$.



Mes	\bar{H}_T [MJ / m ² / dia]	I_s [W / m ²]
Enero	11,853	879,907
Febrero	20,766	967,170
Marzo	19,173	730,559
Abril	17,112	575,012
Mayo	15,292	472,002
Junio	14,784	393,618
Julio	15,753	389,806
Agosto	17,070	469,624
Septiembre	18,062	602,074
Octubre	17,697	761,990
Noviembre	11,033	671,109
Diciembre	7,145	640,935

TOTAL	2671,055
TOTAL AÑO	5858,336

Tabla 2.43. Radiación e irradiación solar para una inclinación de $\beta = 70^\circ$.

Se tiene en cuenta, para determinar la inclinación óptima de los colectores, la cantidad de radiación que recibirán durante los meses de invierno (periodo comprendido entre Octubre y Marzo), por tanto, la inclinación óptima de los colectores es de 60° , tal y como podemos ver en la Figura 2.17.

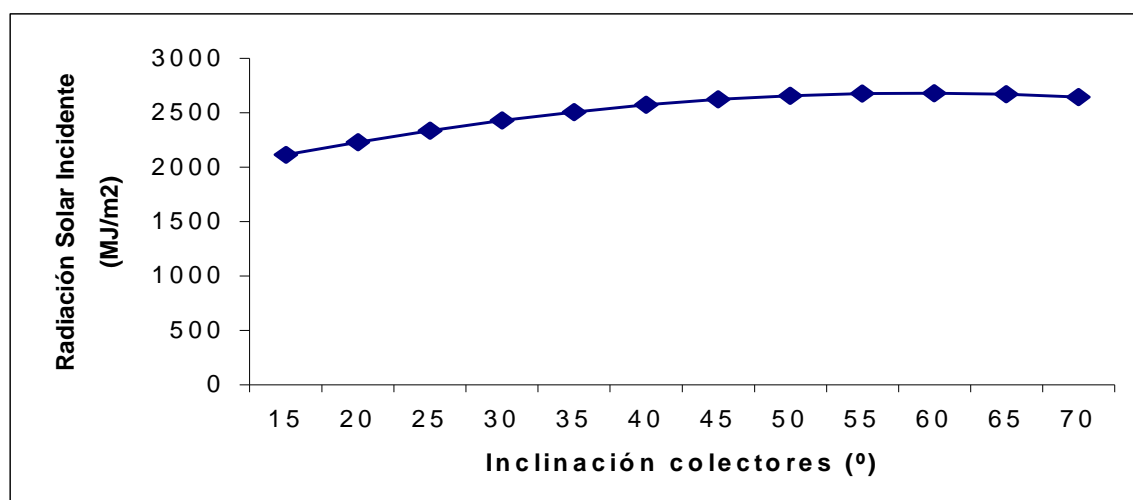


Figura 2.17. Radiación solar incidente en el periodo invernal con respecto a la inclinación de los colectores.

Para determinar los cálculos de las pérdidas por orientación e inclinación de la superficie de captación, se utilizará la Figura 2.19. Hay que tener en cuenta que, según el CTE, se establecen unos límites de pérdidas por orientación e inclinación y sombras (Figura 2.18).

	Orientación e inclinación OI	Sombras S	Total OI+S
General	10 %	10 %	15 %
Superposición	20 %	15 %	30 %
Integración arquitectónica	40 %	20 %	50 %

Figura 2.18. Límite de pérdidas por orientación e inclinación.

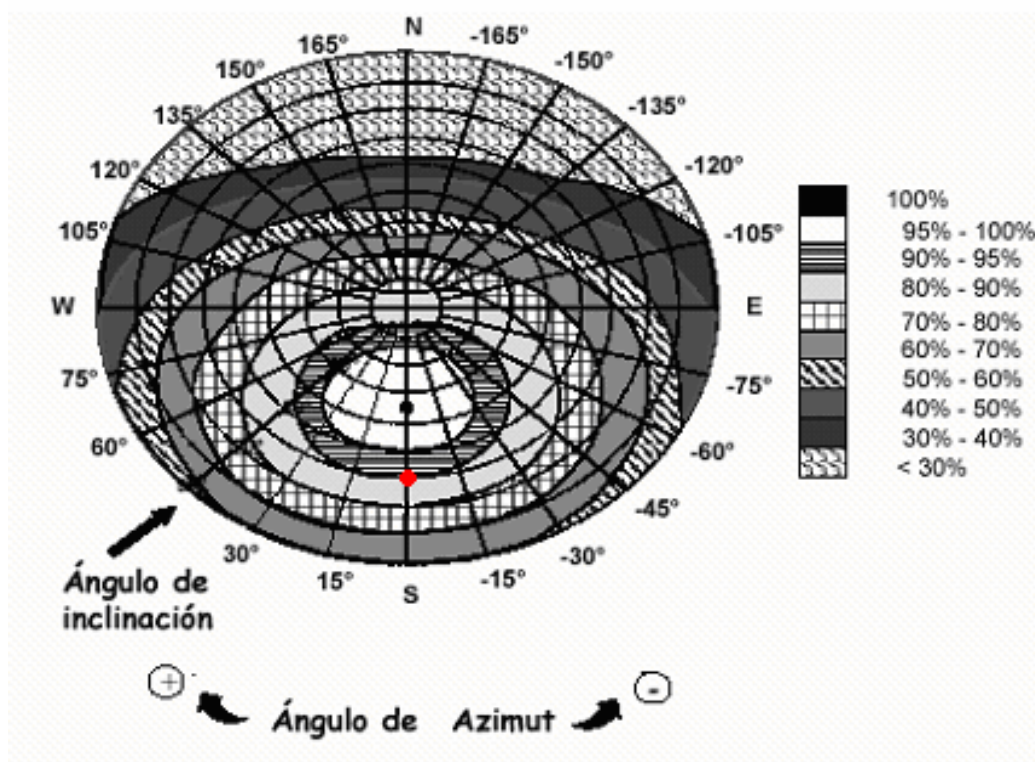


Figura 2.19. Cálculo de las pérdidas por orientación e inclinación.

Mirando el gráfico de la Figura 2.19, y considerando que el edificio a estudiar tiene un ángulo de azimut de 0° (orientación Sur) y los colectores una inclinación de 60°, el porcentaje de energía con respecto al máximo está entre el 80%-90%, lo que quiere decir que las pérdidas más desfavorables serán del 20%; inferiores al 40%, que marca la EH4 del Código Técnico de la

Edificación, como límite de pérdidas por orientación e inclinación. Por tanto, la inclinación de 60° cumple con la normativa y es la óptima para obtener una mayor energía durante los meses ivernales.

2.1.4. Selección del tipo de captador solar plano.

Una vez elegido el colector solar más adecuado para esta instalación, tal como se detalla en el apartado 1.7.5, hay que seleccionar el colector plano que proporcione las mejores condiciones técnico-ecómicas dentro de las posibilidades del mercado.

En primer lugar se define el rendimiento térmico de un colector solar plano:

$$\eta = \frac{Q_{util}}{I_s \cdot A_c}$$

Ec 2.7.

Donde: Q_{util} es la potencia térmica que el captador transmite al fluido, en W.

I_s es la irradiación solar media sobre la superficie del colector, en W/m^2 .

A_c es la superficie útil del colector, en m^2 .

El rendimiento de n colector solar se calcula siguiendo una ecuación que es característica de cada colector, y se obtiene en un ensayo normalizado según la norma UNE EN 12975:

$$\eta = a - b \cdot \frac{T_e - T_a}{I_s}$$

Ec 2.8.

Donde: a es el factor de ganancia (adimensional); $a = F_R \cdot (\tau \cdot \alpha)$.

b es el coeficiente global de pérdidas ($W/m^2 \cdot ^\circ C$); $b = F_R \cdot (U_L)$.

T_e es la temperatura de entrada del fluido caloportador, en $^\circ C$.

T_a es la temperatura ambiente, en °C.

Algunos fabricantes expresan el rendimiento en función de la temperatura media del fluido caloportador (T_m) o respecto la temperatura de salida (T_s) en lugar de la temperatura de entrada (T_e):

$$\eta = a' - b' \cdot \frac{T_m - T_a}{I_s}$$

Ec 2.9.

Para hacer los cálculos posteriores, interesa tener la ecuación del rendimiento en función de T_e .

Para ello, es necesario corregir los valores de $F_R \cdot (U_L)$ y $F_R \cdot (\tau \cdot \alpha)$ del siguiente modo:

$$(F_R \cdot U_L)_{\text{corregido}} = K \cdot (F_R \cdot U_L)_{\text{original}}$$

Ec 2.10.

$$(F_R \cdot (\tau \cdot \alpha))_{\text{corregido}} = K \cdot (F_R \cdot (\tau \cdot \alpha))_{\text{original}}$$

Ec 2.11.

Donde el factor K de las ecuaciones anteriores se calcula:

$$K = \frac{G_{\text{fluido}} \cdot C_p}{G_{\text{fluido}} \cdot C_p - \left(\frac{\text{pendiente}}{2}\right)} \quad \text{cuándo} \quad \eta = f\left(\frac{T_m - T_a}{I_s}\right)$$

Ec 2.12.

$$K = \frac{G_{\text{fluido}} \cdot C_p}{G_{\text{fluido}} \cdot C_p - (\text{pendiente})} \quad \text{cuándo} \quad \eta = f\left(\frac{T_s - T_a}{I_s}\right)$$

Ec 2.13.

Donde: G_{fluido} es el caudal másico que circula por el circuito primario, en $\text{Kg} / \text{s} \cdot \text{m}^2$.

C_p es el calor específico del fluido caloportador, $\text{J} / \text{Kg} \cdot ^\circ\text{C}$.

No obstante, la variable que se tendrá en cuenta a la hora de escoger el tipo de captador solar plano para la instalación, será el ratio coste/potencia útil (R), que se determina con la siguiente ecuación:

$$R = \frac{p_c}{Q_{util}} = \frac{p_c}{\eta \cdot I_s \cdot A_c}$$

Ec 2.14.

Donde: R es el ratio coste/potencia útil, €/W.

p_c es el precio unitario de un colector, en €.

Se han analizado diferentes tipos de colectores solares planos existentes en el mercado, y de la información técnica de los catálogos, se ha extraído la información necesaria para poder determinar cual es el más adecuado a las necesidades del proyecto (Tabla 2.44).

Colector	Ecuación rendimiento	$A_c (m^2)$	Coste (€)
Swiss XX-SEL	$\eta = 0.82 - 3.8 \frac{T_m - T_a}{I_s} - 0.018 \frac{(T_m - T_a)^2}{I_s}$	2,0	538
Solahart Mod "M"	$\eta = 0,73 - 4,9 \frac{T_e - T_a}{I_s}$	1,8	493
Solahart.Oyster.Mo	$\eta = 0,66 - 4,5 \frac{T_e - T_a}{I_s}$	1,87	541
Roca PS 2.4	$\eta = 0.79 - 3.8 \frac{T_m - T_a}{I_s} - 0.012 \frac{(T_m - T_a)^2}{I_s}$	2,4	780
Roca PS 2	$\eta = 0.751 - 3.622 \frac{T_m - T_a}{I_s} - 0.013 \frac{(T_m - T_a)^2}{I_s}$	2,0	628
Termicol T 105 S	$\eta = 0.67 - 4.3 \frac{T_e - T_a}{I_s}$	2,09	535
Termicol T130 S	$\eta = 0.67 - 4.2 \frac{T_e - T_a}{I_s}$	2,60	625
Saunier Duval SDS 8 VE	$\eta = 0.792 - 4.713 \frac{T_m - T_a}{I_s}$	2,0	673

Tabla 2.44. Características de los colectores solares planos considerados.

Como se puede ver en la Tabla 2.44, existen algunos fabricantes que proporcionan la ecuación de rendimiento en función de T_m , por tanto, hay que corregir las curvas de rendimiento siguiendo las ecuaciones 2.10 y 2.11. Para ello, se necesita el caudal másico G_{fluido} , que es de $14,364 \cdot 10^{-3} \text{ Kg} / \text{s} \cdot \text{m}^2$.

Colector	Rendimiento en función de T_m	K	Rendimiento en función de T_e
Roca PS 2	$\eta = 0.751 - 3.622 \frac{T_m - T_a}{I_s} - 0.013 \frac{(T_m - T_a)^2}{I_s}$	1,00714	$\eta = 0.756 - 3.647 \frac{T_e - T_a}{I_s} - 0.0131 \frac{(T_e - T_a)^2}{I_s}$
Roca PS 2.4	$\eta = 0.79 - 3.8 \frac{T_m - T_a}{I_s} - 0.012 \frac{(T_m - T_a)^2}{I_s}$	1,0349	$\eta = 0.817 - 3.93 \frac{T_e - T_a}{I_s} - 0.0124 \frac{(T_e - T_a)^2}{I_s}$
Swiss XX-SEL	$\eta = 0.82 - 3.8 \frac{T_m - T_a}{I_s} - 0.018 \frac{(T_m - T_a)^2}{I_s}$	1,0349	$\eta = 0.848 - 3.93 \frac{T_e - T_a}{I_s} - 0.0186 \frac{(T_e - T_a)^2}{I_s}$
Saunier Duval SDS 8 VE	$\eta = 0.792 - 4.713 \frac{T_m - T_a}{I_s}$	0.95977	$\eta = 0.76 - 4.523 \frac{T_e - T_a}{I_s}$

Tabla 2.45. Rectas de rendimiento corregidas de algunos colectores.

Donde: I_s se ha obtenido en el apartado 2.1.3.

T_a se ha obtenido del libro “Producció de l’energia Tèrmica” de la Dra. Lluïsa F. Cabeza.

Se ha estimado una temperatura de entrada a los colectores de 55°C, pudiendo ser que este valor difiera ligeramente en la instalación final. Los datos considerados para la selección de los colectores solares se muestran en la Tabla 2.46, las temperaturas de entrada T_a son las temperaturas que se muestran en la tabla 5.6 del libro “Producció de l’energia tèrmica” de L.F. Cabeza, respecto de la ciudad de Lleida, y los valores de irradiación solar se toman del apartado 2.1.3.

Mes	Is (W/m ²)	Ta (°C)	Te (°C)
Enero	874,47	5	55
Febrero	975,57	6	55
Marzo	760,67	8	55
Abril	626,3	10	55
Mayo	539,87	11	55
Junio	467,35	12	55
Julio	457,65	13	55
Agosto	522,72	12	55
Septiembre	636,8	11	55
Octubre	777,28	10	55
Noviembre	671,65	8	55
Diciembre	638,56	5	55

Tabla 2.46. Datos utilizados para calcular el rendimiento de los colectores.

Finalmente, interesa conocer el rendimiento de los colectores y su ratio coste/potencia. Los resultados de estos valores se muestran en las tablas 2.47 a 2.54.

Mes	Rendimiento %	Ratio (€/W)
Enero	57,01	0,53
Febrero	60,48	0,45
Marzo	55,11	0,64
Abril	50,54	0,84
Mayo	46,10	1,08
Junio	41,28	1,39
Julio	41,56	1,41
Agosto	45,89	1,12
Septiembre	51,99	0,81
Octubre	57,20	0,60
Noviembre	51,18	0,78
Diciembre	46,74	0,90

Tabla 2.47. Resultados de los cálculos para el colector Swiss XX-SEL.

Mes	Rendimiento %	Ratio (€/W)
Enero	44,98	0,69
Febrero	48,38	0,58
Marzo	42,72	0,84
Abril	37,79	1,157
Mayo	33,06	1,53
Junio	27,91	2,09
Julio	28,03	2,13
Agosto	32,69	1,60
Septiembre	39,14	1,09
Octubre	44,63	0,78
Noviembre	38,71	1,05
Diciembre	34,63	1,23

Tabla 2.48. Resultados de los cálculos para el colector Solahart Mod “M”.

Mes	Rendimiento %	Ratio (€/W)
Enero	40,27	0,82
Febrero	43,39	0,68
Marzo	38,19	0,99
Abril	33,66	1,37
Mayo	29,32	1,82
Junio	24,59	2,51
Julio	24,70	2,55
Agosto	28,98	1,90
Septiembre	34,90	1,30
Octubre	39,94	0,93
Noviembre	34,51	1,24
Diciembre	30,76	1,47

Tabla 2.49. Resultados de los cálculos para el colector Solahart.Oyster.Mo

Mes	Rendimiento %	Ratio (€/W)
Enero	55,68	0,66
Febrero	58,90	0,56
Marzo	53,81	0,79
Abril	49,45	1,05
Mayo	45,22	1,33
Junio	40,63	1,71
Julio	40,85	1,73
Agosto	44,98	1,38
Septiembre	50,77	1,00
Octubre	55,71	0,75
Noviembre	50,12	0,96
Diciembre	46,07	1,10

Tabla 2.50. Resultados de los cálculos para el colector Roca PS 2.4.

Mes	Rendimiento %	Ratio (€/W)
Enero	51,00	0,70
Febrero	54,05	0,59
Marzo	49,26	0,83
Abril	45,16	1,11
Mayo	41,17	1,41
Junio	36,86	1,82
Julio	37,08	1,85
Agosto	40,96	1,46
Septiembre	46,41	1,06
Octubre	51,07	0,79
Noviembre	45,77	1,02
Diciembre	41,91	1,17

Tabla 2.51. Resultados de los cálculos para el colector Roca PS 2.

Mes	Rendimiento %	Ratio (€/W)
Enero	42,41	0,69
Febrero	45,40	0,57
Marzo	40,43	0,83
Abril	36,10	1,13
Mayo	31,95	1,48
Junio	27,43	1,99
Julio	27,53	2,03
Agosto	31,62	1,54
Septiembre	37,28	1,07
Octubre	42,10	0,78
Noviembre	36,90	1,03
Diciembre	33,33	1,20

Tabla 2.52. Resultados de los cálculos para el colector Termicol T 105 S.

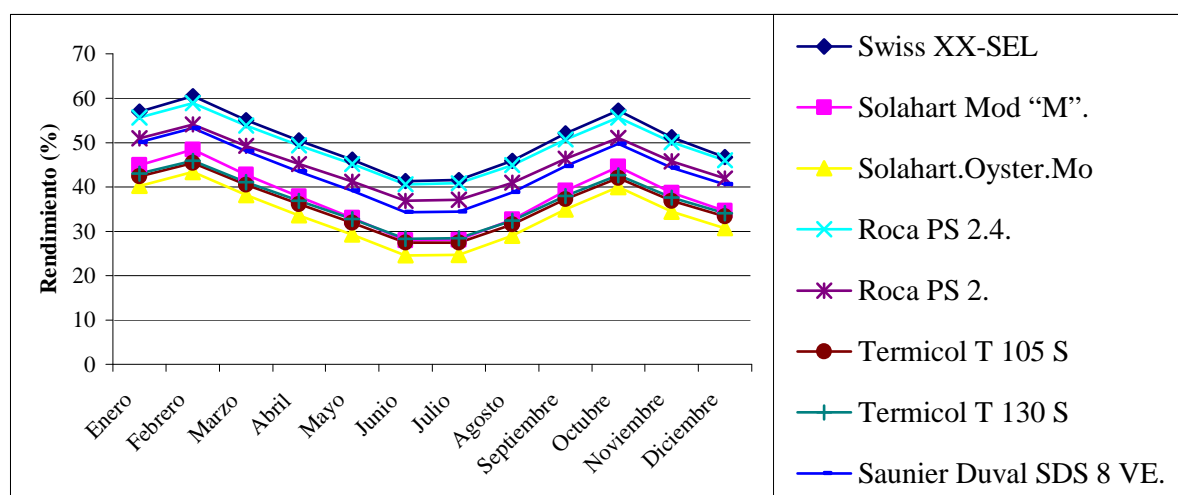
Mes	Rendimiento %	Ratio (€/W)
Enero	42,98	0,63
Febrero	45,90	0,53
Marzo	41,04	0,76
Abril	36,82	1,04
Mayo	32,76	1,35
Junio	28,35	1,81
Julio	28,45	1,84
Agosto	32,44	1,41
Septiembre	37,97	0,99
Octubre	42,68	0,72
Noviembre	37,60	0,95
Diciembre	34,11	1,10

Tabla 2.53. Resultados de los cálculos para el colector Termicol T 130 S.

Mes	Rendimiento %	Ratio (€/W)
Enero	50,13	0,76
Febrero	53,28	0,64
Marzo	48,05	0,92
Abril	43,50	1,23
Mayo	39,13	1,59
Junio	34,38	2,09
Julio	34,49	2,13
Agosto	38,79	1,65
Septiembre	44,74	1,18
Octubre	49,81	0,86
Noviembre	44,34	1,12
Diciembre	40,58	1,29

Tabla 2.54. Resultados de los cálculos para el colector Saunier Duval SDS 8 VE.

Para poder interpretar las tablas 2.47 a 2.54 con mayor claridad y escoger el colector solar plano más adecuado, se presentan las figuras 2.20 y 2.21, donde se muestra el rendimiento y el ratio coste/potencia útil de cada colector para cada mes.


Figura 2.20. Curvas de rendimiento a lo largo del año.

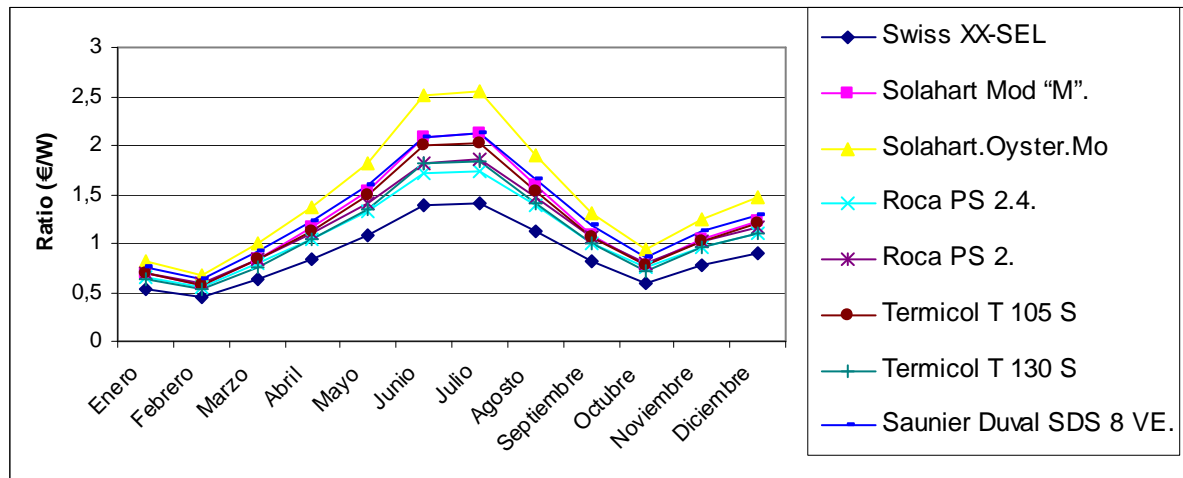


Figura 2.21. Ratio coste/potencia a lo largo del año.

Como se puede ver en las figuras 2.20 y 2.21, los colectores Swiss XX-SEL y Roca PS 2.4 son los que presentan un ratio coste/potencia más bajos combinado con un rendimiento más alto. Para este proyecto se escoge el colector Swiss XX-SEL por ser el más barato económicamente.

2.1.5. Cálculo de las instalaciones solares.

Para poder diseñar una instalación lo más eficiente posible, hay que calcular diversos factores determinantes para su buen funcionamiento. La mayoría de estos cálculos se han llevado a cabo siguiendo los métodos expuestos en el libro “Producció de l’energia tèrmica” de Lluïsa F. Cabeza.

El CTE especifica que el fluido caloportador para el circuito primario puede ser agua de la red, agua desmineralizada o con aditivos, según las características climatológicas y la calidad del agua del lugar de ubicación de la instalación. El fluido de trabajo deberá tener un pH a 20°C de entre 5 y 9, y un contenido en sales tal que la salinidad del agua no sobrepase de 500 mg/l en contenidos de carbonato cálcico, y el límite de dióxido de carbono libre contenido en el agua no excederá los 50 mg/l.

También, según el nuevo CTE, todas las partes exteriores del sistema habrán de poder soportar la temperatura mínima específica sin riesgo de sufrir daños permanentes en el sistema, y las partes interiores que puedan sufrir bajadas de temperatura por debajo de los 0°C, habrán de estar protegidas contra heladas. La instalación estará protegida con un producto químico no tóxico

con calor específico superior a 3 kJ/kg K, a 5°C menos de la temperatura mínima histórica, con el objetivo de que no se produzcan daños en el circuito primario por culpa de heladas.

En este proyecto, el fluido caloportador será una mezcla de agua con un cierto porcentaje de anticongelante, sustancia que añadida al agua baja su punto de congelación. Los anticongelantes más utilizados son el etilenglicol y el propilenglicol, escogiendo este último como solución para esta instalación por motivos de seguridad y menor impacto ambiental, además de ser una sustancia que cumple con todas las indicaciones necesarias para poder ser utilizado como aditivo al agua para el fluido caloportador.

Se ha escogido, como fluido anticongelante, el propilenglicol de la marca STIEBEL ELTRON H-30 L, cuyas características se muestran en la Tabla 2.55.

Resistencia a la temperatura a largo plazo	150°C con 4 bar
Contenido de cloro	< 50 ppm
Solubilidad en agua	Totalmente soluble
Punto de congelación	< -30°C
Densidad	1,043 gr/cm ³ a 20°C
Viscosidad a 20 °C	5,3 mm ² /s
Índice de pH	8-9
Límite explosivo	ninguno

Tabla 2.55. Características del fluido anticongelante del circuito primario.

2.1.5.1. Cantidad de anticongelante en el circuito primario.

En primer lugar, hay que determinar el porcentaje en peso de propilenglicol, que será el anticongelante utilizado para el fluido caloportador en el circuito primario de los colectores solares. Para determinar el porcentaje en peso de propilenglicol, se establece la temperatura a la que la mezcla empezara a congelarse, basados en datos meteorológicos.

La relación entre la fracción de propilenglicol que contiene una mezcla y la temperatura de congelación de esta se ve en la Figura 2.22, datos que se han obtenido de “Comentarios al Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios” IDAE (1998).

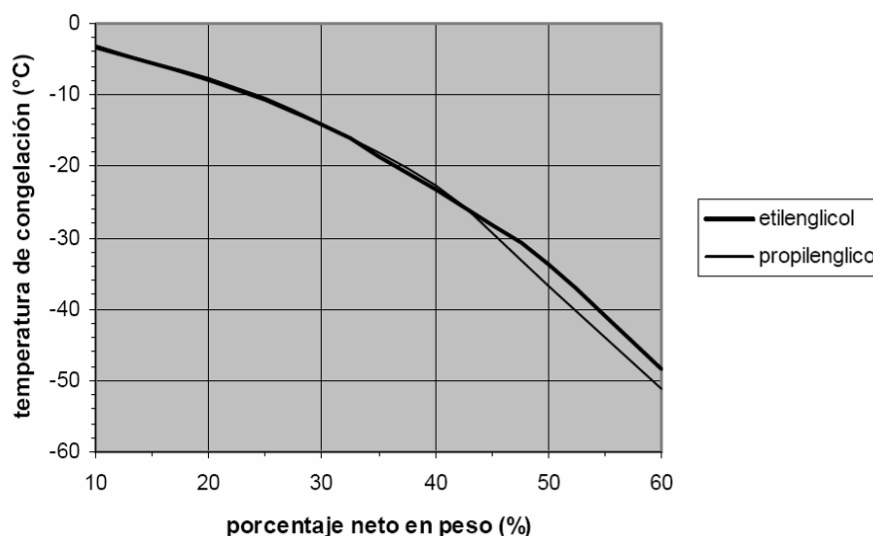


Figura 2.22. Relación de la temperatura de congelación en función del porcentaje de anticongelante.

Se han analizado los datos históricos de la ciudad de Fraga, y se ha buscado las temperaturas mínimas registradas en los últimos años, se puede ver que la temperatura mínima a la que se llegó en dicha ciudad fue de -9°C , que se registro en el mes de Diciembre de 2001. En la Tabla 2.56 se muestran las temperaturas mínimas registradas en la ciudad de Fraga en el periodo de 1999-2006 (Datos obtenidos de la página web de la ciudad, www.fraga.org).

Año	T mínima anual ($^{\circ}\text{C}$)
1999	-4.5
2000	-7
2001	-3
2002	-6
2003	-2.5
2004	-9
2005	-5
2006	-5

Tabla 2.56. Temperaturas mínimas en la ciudad de Fraga.

Como se puede apreciar en la tabla 2.56, la temperatura mínima del periodo considerado es de -9°C . Para tener un margen de seguridad, se estima esta temperatura mínima en -12°C .

Siguiendo la Figura 2.19, se determina que el porcentaje en peso de propilenglicol es de 30%.

Para determinar la densidad de la mezcla anticongelante-agua, se tiene en cuenta la Tabla 2.57, y en la que se puede afirmar que la densidad de la mezcla del fluido caloportador es de 1.026 kg/m^3 .

% en masa de	0	10	20	30	40	50	60
Densidad (kg/m^3)	1.000	1.008	1.017	1.026	1.034	1.041	1.046

Tabla 2.57. Densidad de las mezclas propilenglicol-agua.

A continuación se determina el calor específico (C_p) de la mezcla, que se obtiene de la Tabla 2.58 y que se ha considerado $3.914,7 \text{ J/kg}\cdot^\circ\text{C}$.

% en masa de	0	10	20	30	40	50	60
Calor específico ($\text{J/kg}\cdot^\circ\text{C}$)	4.186,8	4.103,1	4.019,3	3.914,7	3.747,2	3.558,8	3.370,4

Tabla 2.58. Calor específico de las mezclas propilenglicol-agua.

Para determinar la viscosidad dinámica (μ) de la mezcla, se dispone de la información obtenida de la página web de una conocida marca de fabricantes de productos químicos, Lyondell. Esta información consiste en una tabla que determina la viscosidad dinámica de las mezclas para las diferentes temperaturas (Figura 2.23).

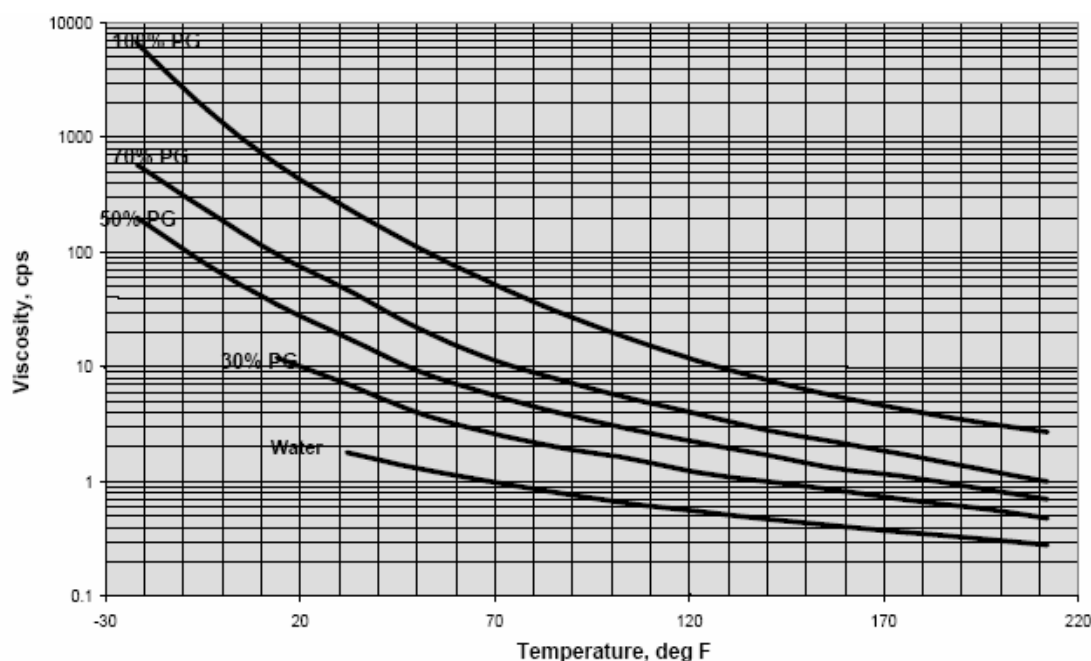


Figura 2.23. Densidad dinámica de las mezclas agua-propilenglicol según la temperatura.

Para poder calcular la viscosidad dinámica de la mezcla, hay que determinar la temperatura de funcionamiento del fluido caloportador, que estará entre los 55°C de entrada a los colectores y los 65°C de salida de los colectores. Se ha tomado como temperatura de funcionamiento de la mezcla, para determinar la densidad dinámica del fluido los 60°C, que corresponden a 140°F.

$$T(^{\circ}F) = 1,8 \cdot T(^{\circ}C) + 32^{\circ}F$$

Ec 2.15.

Si se observa la Figura 2.14, se determina que el valor de la densidad dinámica es de 0,95 cps, que expresado en unidades del sistema internacional son $0,95 \cdot 10^{-3} Pa \cdot s$.

Conocida la viscosidad dinámica del fluido, se determina la viscosidad cinemática (ν) siguiendo la ecuación 2.16, obteniéndose un valor de $9,26 \cdot 10^{-7} m^2 / s$.

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

Ec 2.16.

Se determinan el porcentaje en volumen que tiene la mezcla de propilenglicol conociendo la densidad de la mezcla y la del agua, para ello se ha seguido la ecuación 2.17, obteniéndose un valor de 0,28.

$$f_p^{VOL} = 1 - \frac{\rho}{\rho_a} \cdot (1 - f_p^{MAS})$$

Ec 2.17.

Donde: f_p^{VOL} es la fracción volumétrica de propilenglicol, en tanto por uno.

ρ es la densidad de la mezcla propilenglicol-agua, $1,026 kg / m^3$.

ρ_a es la densidad del agua, $1.000 kg / m^3$.

f_p^{MAS} es la fracción másica de propilenglicol, 0,3.

También es importante determinar el punto de ebullición de la mezcla propilenglicol-agua, que influirá sobre los dispositivos de seguridad de la instalación. Según datos obtenidos en la web www.engineeringtoolbox.com, la temperatura de ebullición de una mezcla de propilenglicol al 30% en masa, es de 102,22°C.

Para entender mejor las propiedades de la mezcla propilenglicol-agua, se muestra la Tabla 2.59.

Punto congelación (°C)	-14
% en masa de propilenglicol	30
% en volumen de propilenglicol	28
Densidad (kg / m^3)	1.026
Calor específico ($J / kg \cdot ^\circ C$)	3.914,7
Temperatura de trabajo (°C)	60
Viscosidad cinemática (m^2 / s)	$0,26 \cdot 10^{-7}$
Viscosidad dinámica ($Pa \cdot s$)	$0,95 \cdot 10^{-3}$
Temperatura evullición a 100 KPa	102,22

Tabla 2.59. Resumen características del fluido caloportador.

2.1.5.2. Caudal del circuito primario.

El objetivo es determinar el caudal másico que circula por cada m^2 de superficie de captación. Según la ITE 10.1 del RITE, establece que el caudal volumétrico (C) que circula por los colectores solares a de estar comprendido entre 1,2 y 1,6 L/s por cada $100 m^2$.

Para el estudio del proyecto, se elige el caudal de 1,4 L/s para $100 m^2$ (valor intermedio).

Para determinar el caudal másico se sigue la Ecuación 2.18.

$$G_{fluido} = \frac{C}{A_c} \cdot \rho$$

Ec 2.18.

Teniendo en cuenta la densidad del fluido caloportador que circula por el circuito primario, que es $1.026 kg / m^3$, tal y como se puede ver en la Tabla 2.40, obtenemos un caudal másico de $14,364 \cdot 10^{-3} kg / s \cdot m^2$.

2.1.5.3. Rendimiento de los colectores.

Según los cálculos del apartado 2.1.4, del anexo, el colector escogido para el proyecto es el Swiss XX-SEL, cuya ecuación de rendimiento es:

$$\eta = 0.848 - 3.93 \frac{T_e - T_a}{I_s} - 0.0186 \frac{(T_e - T_a)^2}{I_s}$$

Ec 2.19.

Se introducen los valores de I_s , calculados en el apartado 2.1.3, para cada mes del año, así como la temperatura ambiente (T_a) de cada mes y la temperatura de entrada de los colectores (T_e) en la ecuación anterior, se obtiene el rendimiento de cada mes del colector Swiss XX-SEL. Estos datos se muestran en la Tabla 2.60.

Mes	Rendimiento %
Enero	57,01
Febrero	60,48
Marzo	55,11
Abril	50,54
Mayo	46,10
Junio	41,28
Julio	41,56
Agosto	45,89
Septiembre	51,99
Octubre	57,20
Noviembre	51,18
Diciembre	46,74

Tabla 2.60. Rendimiento mensual del colector Swiss XX-SEL.

Se puede ver, que este captador cumple con las bases establecidas en el HE 4 del CTE en la que indica que el colector solar escogido ha de tener un rendimiento de al menos el 40%.

2.1.5.4. Factor captador- intercambiador.

La eficiencia de un intercambiador, ε , es la relación entre la energía absorbida del primario por parte del intercambiador y la energía cedida por el mismo al secundario, y mide las pérdidas de calor que existen.

A pesar que este intercambiador de calor no es una parte del captador, es conveniente definir otro factor de eficacia, F'_R , que sustituye a F_R para considerar el rendimiento combinado del captador y el intercambiador. La relación F'_R/F_R se denomina factor captador intercambiador, es un índice que varía entre 0 y 1 e indica la disminución de energía útil obtenida debido a la utilización del intercambiador.

$$\frac{F'_R}{F_R} = \frac{1}{1 + \left(\frac{A_c \cdot F_R \cdot U_L}{(\dot{m} \cdot c_p)_c} \right) \cdot \left[\left(\frac{(\dot{m} \cdot c_p)_c}{\varepsilon \cdot (\dot{m} \cdot c_p)_{\min}} \right) - 1 \right]}$$

Ec 2.20.

Donde: $F_R \cdot U_L$ es el factor de ganancia del captador (adimensional)
 $(\dot{m} \cdot c_p)_c$ es el producto del caudal másico y la capacidad calorífica del fluido por la parte del captador (circuito primario)
 $(\dot{m} \cdot c_p)_{\min}$ es el producto mínimo del caudal másico y la capacidad calorífica de los fluidos circulantes por el primario y secundario, en W/°C
 ε es la eficiencia del intercambiador.
 A_c es el área de captación.

Ya que llegados a este punto, se desconoce el valor de A_c y $(\dot{m} \cdot c_p)_{\min}$, supondremos que:

$$(\dot{m} \cdot c_p)_{\min} = G_{\text{fluido}} \cdot A_c$$

Ec 2.21.

De este modo, la ecuación 2.20 queda definida de la siguiente manera:

$$\frac{F'_R}{F_R} = \frac{1}{1 + \left(\frac{F_R \cdot U_L}{G_{\text{fluid}} \cdot c_p} \right) \cdot \left(\frac{1}{\varepsilon} - 1 \right)}$$

Ec 2.22.

La eficiencia del intercambiador es un parámetro que se desconoce, pero que se puede estimar para hacer los cálculos en: $\varepsilon = 0,7$, como valor usual. Así pues, ya se conocen todos los parámetros para poder determinar el factor captador-intercambiador. Sustituyendo en la ecuación anterior, el valor del factor captador-intercambiador es de **0,971**.

El factor F'_R / F_R es un indicador del aumento de temperatura que necesitamos en el fluido del primario para cubrir las pérdidas energéticas que impone el intercambiador debido a su eficiencia.

2.1.5.5. Cálculo de la superficie colectora necesaria.

Una vez conocidas las necesidades de la vivienda y la radiación solar sobre la superficie donde se colocarán los colectores, el siguiente paso es determinar cuantos metros cuadrados de superficie de captación son necesarios para cubrir de manera eficaz la demanda de energía.

Hay que tener en cuenta, que el sistema de energía solar tiene la misión de servir de apoyo para el actual sistema de calefacción, por tanto, se ha considerado que la superficie de captación sólo cubra el 40% de la energía necesaria para calefacción del edificio.

La ecuación que se utiliza para calcular la superficie captadora es:

$$\eta = \frac{Q}{I_s \cdot A_c}$$

Ec. 2.23.

Donde: Q es la carga mensual de calor, (W)

I_s es la radiación solar instantánea, (W/m^2)

A_c es el área de captación solar (m^2)

η es el rendimiento del colector.

Los datos utilizados para el cálculo del número de colectores se representan en la Tabla 2.61.

Se ha considerado, tal y como se ha determinado en el apartado 2.1.2.3, donde se ha calculado la energía necesaria para el edificio que, durante los meses de mayo, junio, julio, agosto y septiembre, se desprecia las cargas por calefacción ya que en la instalación se hará el cambio de temporada, dejando de producir calor para calefacción.

Mes	$L_{ACS} (W)$	$(40\%) L_{CAL} (W)$	$L_{TOTAL} (W)$	$I_s (W / m^2)$	η colector
Enero	5.814,75	47.363,2	124.222,75	874,47	0,570
Febrero	5.668,5	47.788,0	125.138,50	975,57	0,604
Marzo	5.377,8	42.343,6	111.236,80	760,67	0,551
Abril	5.087,2	30.196,4	80.578,20	626,3	0,505
Mayo	4.941,8	13.440,0	38.541,80	539,87	0,406
Junio	4.796,4	0	4.796,40	467,35	0,412
Julio	4.651,1	0	4.651,10	457,65	0,415
Agosto	4.796,5	0	4.796,50	522,72	0,458
Septiembre	4.941,8	0	4.941,80	636,8	0,519
Octubre	5087,1	24.479,2	66.285,10	777,28	0,572
Noviembre	5.377,8	34.093,2	90.610,80	671,65	0,511
Diciembre	5.813,9	42.205,6	111.327,90	638,56	0,467

Tabla 2.61. Datos utilizados para el cálculo de la superficie de captación.

Los resultados de la superficie necesaria de captación para abastecer la demanda conjunta de ACS y el 40% de calefacción se muestra en la Tabla 2.62.

Mes	m ² necesarios	nº colectores
Enero	106,68	54
Febrero	90,72	46
Marzo	113,85	57
Abril	111,55	56
Mayo	83,86	42
Junio	24,91	13
Julio	24,48	13
Agosto	20,03	10
Septiembre	14,95	8
Octubre	66,50	34
Noviembre	115,00	58
Diciembre	161,02	81

Tabla 2.62. Área necesaria para abastecer la demanda total de energía.

Según los cálculos, se necesitarían instalar 81 colectores para satisfacer las necesidades máximas del edificio, ACS y el 40% de la energía de calefacción, que se registran en el mes de diciembre.

No obstante, durante los meses de verano, en los que solo se utilizara la energía absorbida por los colectores para producir ACS, las necesidades de superficie serán notablemente menores, tal y como se muestra en la Tabla 2.63.

Mes	m ² necesarios	nº colectores
Enero	11,66	6
Febrero	9,26	5
Marzo	12,83	7
Abril	16,10	9
Mayo	22,54	12
Junio	24,91	13
Julio	24,48	13
Agosto	20,03	11
Septiembre	14,95	8
Octubre	11,44	6
Noviembre	15,66	8
Diciembre	19,49	10

Tabla 2.63. Área necesaria para ACS.

Así pues, podemos considerar que durante los meses de verano, tan solo es necesario que proporcionen energía 13 colectores.

Conclusiones:

La superficie colectora total de la instalación viene dada por las superficies necesarias para satisfacer la demanda de energía total del edificio (ACS y el 40% de la energía de calefacción), teniendo en cuenta los cálculos y viendo que en el mes de diciembre es cuando más demanda existe. En cambio, se dejarán funcionando 13 colectores durante los meses de junio, julio, agosto y septiembre, ya que son los necesarios para satisfacer la demanda de energía durante ese periodo.

Hay que tener en cuenta que se dispondrá de una única superficie captadora de 81 colectores solares planos Swiss XX-SEL que aportará la energía a la instalación.

La energía auxiliar sólo será utilizada en los periodos en los cuales no se pueda utilizar la energía solar para satisfacer las necesidades de calefacción.

En la Figura 2.24, se muestra la energía aportada real en el caso de la instalación de ACS y calefacción utilizando una superficie de 81 colectores.

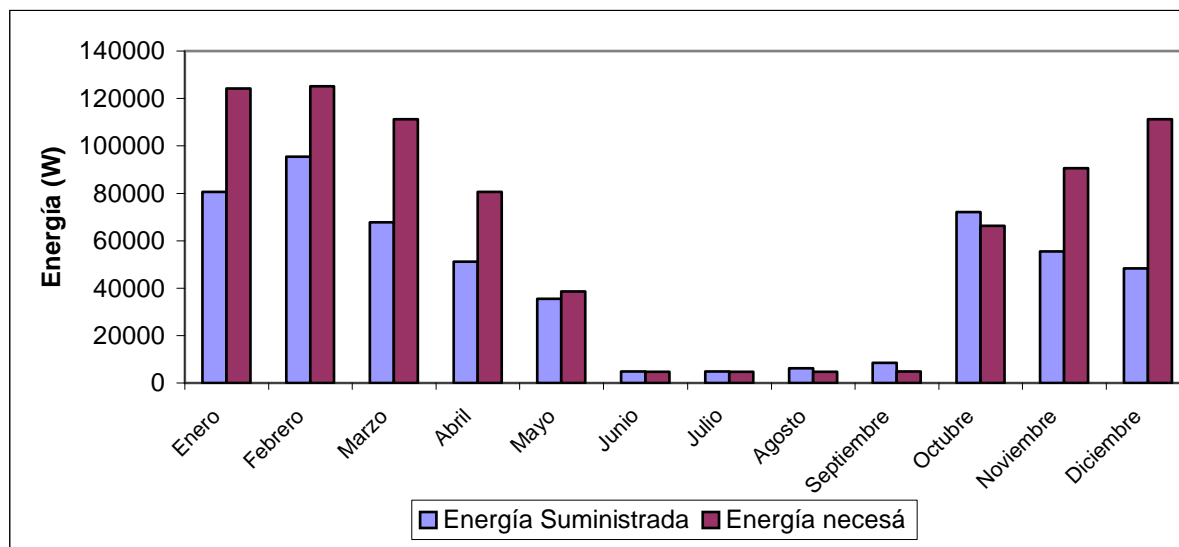


Figura 2.24. Energía necesaria y energía suministrada por los 81 colectores Swiss XX-SEL.

Como se puede ver en la Figura 2.24, durante los meses de junio, julio, agosto y septiembre, sólo funcionarán 13 colectores, los destinados a satisfacer la demanda de ACS. El resto del año, estarán en funcionamiento los 81 colectores instalados.

Durante el mes de octubre, debido a que se suministrará más de 110% de la energía necesaria, se opta por hacer circular el fluido caloportador por el circuito primario durante la noche, tal y como se indica en el CTE para solucionar el exceso de energía que durante ese mes se registra.

2.1.5.6. Pérdidas de carga en los colectores.

Según el catálogo del fabricante, las pérdidas de carga del colector elegido para nuestro proyecto, colector *Swiss XX-SEL*, en función del caudal circulante a través de él se pueden ver en la Figura 2.25, extraída del propio catálogo:

Caudal (l/h) *	60	80	120	160	180	240	320
Pérdidas de carga (mm.c.a.) **	21	32	60	90	110	180	300

*: Caudal en un colector solar XX-Sel con superficie útil de 2,0m²

**: Pérdidas de carga para el colector incl. conexiones

Figura 2.25. Pérdidas de carga del colector Swiss XX-SEL.

El caudal másico del fluido caloportador por cada colector se calcula siguiendo la ecuación 2.24, obteniendo un valor de 0,0287 kg/s.

$$\dot{m} = G_{\text{fluido}} \cdot A_C$$

Ec 2.24.

Ya que en la Figura 2.22 hay que encontrar las pérdidas de carga en función del caudal volumétrico, en L/h, se hace la siguiente conversión para poder pasar del caudal másico a caudal volumétrico, teniendo en cuenta la densidad del fluido caloportador. Se obtiene un caudal volumétrico de 100,69 L/h.

$$C(L/h) = \frac{\dot{m}(kg/s)}{\rho(kg/L)}$$

Ec 2.25.

Con este caudal, y mirando en la Figura 2.22., corresponde una caída de presión de 44 mmca en cada captador, equivalente a **448,7 Pa**.

2.1.5.7. Distancia entre filas de colectores.

Según el RITE, en su ITE 10.1, la separación entre filas de colectores será igual o mayor que el valor obtenido mediante la expresión:

$$d = k \cdot h$$

Ec 2.26.

Donde: d es la separación entre filas.

H es la altura del colector.

K es un coeficiente que tiene un valor que se obtiene de la Tabla 2.64, a partir de la inclinación de los colectores respecto un plano horizontal.

Inclinación (°)	20	25	30	35	40	45	50	55
Coeficiente k	1,532	1,638	1,732	1,813	1,879	1,932	1,970	1,992

Tabla 2.64. Coeficiente de separación ente filas de colectores, según la inclinación.

La determinación de la altura del colector no es inmediata, sino que es necesario hacer una serie de relaciones trigonométricas, ya que en realidad depende de la altura del colector (L_c) y de la inclinación de los captadores (a), relacionando todos estos parámetros en la Figura 2.26.

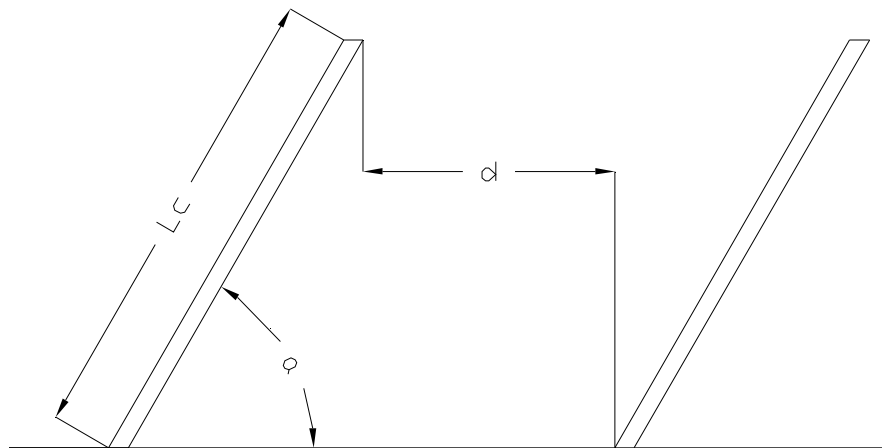


Figura 2.26. Esquema de colocación de los colectores.

La relación de las variables para poder determinar la distancia entre filas de los colectores es la siguiente:

$$h = L_c \cdot \sin(a)$$

Ec 2.27.

$$d \geq k \cdot L_c \cdot \sin(a)$$

Ec 2.28.

La inclinación de los colectores respecto a la horizontal (a), es de 60° , ver apartado (2.1.3) y el valor de k para esta inclinación se ha obtenido interpolando los valores de la Tabla 2.26, mediante el método de las diferencias divididas de Newton, resultando el valor k 1,997.

Según los datos del fabricante, el colector Swiss XX-SEL tiene una longitud (L_c) de 2400 mm. Sustituyendo los valores reales en la Ecuación 2.21, se obtiene una separación mínima entre filas de colectores de **4151 mm**.

2.1.6. Cálculo de la potencia de la caldera.

La potencia que necesitará la caldera para poder abastecer el sistema de calefacción se calcula con la ecuación 2.29.

$$P = (Q + Q_T) \cdot a$$

Ec. 2.29.

Donde: P es la potencia necesaria, en W

Q es la potencia total instalada en el edificio, en W

Q_T es la pérdida de calor de los conductos de alimentación, en W.

a es el aumento por inercia, de 1,1.

La potencia instalada útil en el edificio, se muestra en la siguiente Tabla 2.65, donde se especifica la potencia que se consume en cada dependencia del edificio en el mes de mayor demanda energética.

Dependencia	Cargas (kW)
Aseos Caballeros	1,805
Aseos Señoras	1,834
Taquilla 1	1,417
Taquilla 2	1,214
Conserje	0,712
Enfermería	1,529
Vestuarios (6)	1,675
Vestuarios Monitor (4)	0,619
Vestuario 1	1,378
Vestuario 2	1,691
Gimnasio	10,600
Vestuario 1	0,855
Vestuario 2	0,954
Sala Juntas	2,241
Oficina 1	0,605
Oficina 2	0,495
Oficina 3	0,766
Oficina 4	0,165

Tabla 2.65. Potencia calorífica en los locales a climatizar del edificio.

Como se puede ver en la Tabla 2.65, la potencia total instalada en el edificio para calefacción es de 30.555 W.

La carga máxima mensual que necesita el edificio para ACS, se ha determinado en el apartado 2.1.2.1, y como se puede ver en la Tabla 2.66, el máximo de energía para ACS es de 5,81 kW.

Mes	kW
Enero	5,81
Febrero	5,66
Marzo	5,37
Abril	5,08
Mayo	4,94
Junio	4,79
Julio	4,65
Agosto	4,79
Septiembre	4,94
Octubre	5,08
Noviembre	5,37
Diciembre	5,81

Tabla 2.66. Energía máxima mensual para ACS en el edificio.

La potencia total (Q) instalada en el edificio será la suma de la potencia máxima de calefacción y ACS, por lo que obtenemos una potencia máxima de 36,36 kW.

Las pérdidas de calor de los conductos serán, en el caso más desfavorable, el 5% de la potencia útil instalada, según la normativa actual (CTE).

Sustituyendo los valores reales en la ecuación 2.51, se obtiene que la potencia necesaria de la caldera es de 41,99 kW.

2.1.6.1. Selección de la caldera.

El tipo de caldera que se instalará será de gasoil, ya que en el edificio, no existe abastecimiento de gas natural, y así se aprovecha la fuente de energía que existe actualmente.

Se han analizado diferentes tipos de calderas de gasoil del mercado, y se ha extraído la información necesaria para determinar cual es el más adecuado, ver Tabla 2.67.

Caldera	Potencia mín. (kW)	Potencia máx. (kW)	Rendimiento (%)	Coste (€)
LIDIA 40	38,4	48,3	94,3	1.168,00
VITOROND 100	37	45	-	2.621,00
FERROLI GN1 M04	32,5	46,5		1.345,00

Tabla 2.67. Características de la calderas de gasoil existentes analizadas.

Como podemos ver en la Tabla 2.67, se escoge la caldera de gasoil de la marca LIDIA, modelo LIDIA 40, que es capaz de proporcionar una potencia máxima mayor que la que necesita el edificio, siendo la más económica de las analizadas.

Sus características se muestran en el apartado 4.3 del pliego de condiciones técnicas (Tabla 4.10).

2.1.7. Cálculo del volumen del depósito de inercia.

El volumen del depósito de inercia se pueda calcular de diferente forma según diferentes autores. Uno de los parámetros que se pueden tener en cuenta para determinarlo es la superficie de captación. Como factor de partida, según el Centro de Estudios de la Energía Solar, CENSOLAR, se escogen 75 litros por cada metro cuadrado de captación, para un aprovechamiento óptimo de la energía incidente. Además, estos datos coinciden con los parámetros de diseño mínimos, que son los que recomiendan en “Producció de l’energia tèrmica”, L. Cabeza, 2005

$$\text{Volumen depósito de inercia} = \text{Área de captación [m}^2\text{]} \cdot 75 \text{ L/m}^2$$

Ec. 2.30.

Para una superficie de captación de 162 m², el volumen del depósito acumulador es 12.150 l. Según los fabricantes, podemos encontrar depósitos de inercia de hasta 5.000 l, por lo que se ha optado por colocar 3 depósitos de acumulación de 4.000 l. de la marca LAPESA, modelo MV-4000-I. Los depósitos se conectarán en paralelo, equiobalados hidráulicamente, (ver plano 3.11).

2.1.8. Cálculo del depósito de ACS.

Según el HE-4 del nuevo CTE, Contribución solar mínima para ACS, los parámetros para dimensionar el volumen del depósito acumulador, en litros, serán tales que se cumplirá la relación:

$$50 < \frac{V_{D.Acumulador}}{A_{CAPTACION,ACS}} < 180$$

Ec. 2.31.

Donde: $V_{D.Acumulador}$ es el volumen del depósito acumulador, en litros.

$A_{CAPTACION,ACS}$ es el área de captación para ACS, en m².

Por tanto, sabiendo que el área de captación máxima para ACS de la instalación es de 26 m², según el apartado 2.1.5.5, el volumen del depósito será:

$$1300 < V_{D.Acumulador} < 4680$$

El sistema de acumulación estará comprendido por un depósito de acumulación de 2.000 litros, de la marca comercial LAPESA, modelo MV-2000-SSB, que cumple con las especificaciones establecidas en el HE-4 del CTE.

2.1.9. Cálculo de las pérdidas de carga.

La finalidad de determinar las pérdidas de carga totales de la instalación es la de poder escoger las bombas más adecuadas en cada circuito.

2.1.9.1. Método de cálculo.

Al realizar los cálculos hay que distinguir entre las pérdidas de carga continuas; debido al rozamiento del fluido con las paredes de los conductos, las pérdidas de carga singulares; debido a la resistencia de los codos, las válvulas y todos los elementos que obstaculizan el paso del líquido, y las pérdidas de carga singulares debidas a otros elementos como colectores solares, serpentines en los depósitos, etc.

Pérdidas de carga continuas

La ecuación general de pérdidas de carga en conductos con flujo permanente y uniforme, sea conducción abierta o cerrada, es:

$$H_r = C_f \cdot \frac{L}{R_h} \frac{v^2}{2g}$$

Ec.2.32.

Sustituyendo en la Ecuación 2.32 el radio hidráulico R_h por su valor en función del diámetro, se obtiene la ecuación de pérdidas de carga en tuberías circulares, también conocida como ecuación de Darcy-Weisbach:

$$H_r = f \frac{L}{d} \frac{v^2}{2g}$$

Ec.2.33.

Donde: H_r es la pérdida de carga continua, en metros de columna de agua (m.c.a.)

L es la longitud del conducto, en mm.

g es la aceleración de la gravedad, fijada en $9,81 \text{ m/s}^2$

f es el coeficiente de fricción (adimensional)

En conducción, lo más normal es conocer el caudal, entonces, la Ec. 2.34 queda:

$$H_r = 0,0827 \cdot f \cdot L \cdot \frac{Q^2}{d^5}$$

Ec2.34.

Donde: Q es el caudal volumétrico, m^3/s

Para calcular el coeficiente de fricción (f), en primer lugar hay que calcular en número de Reynolds:

$$\text{Re} = \frac{v \cdot d \cdot \rho}{\mu}$$

Ec.2.35.

Donde: μ es la viscosidad cinemática, en $\text{Pa} \cdot \text{s}$
 ρ es la densidad del líquido, en kg/m^3
 d es el diámetro interior del conducto, en m
 v es la velocidad del fluido dentro del conducto, en m/s

La velocidad del fluido se calcula con la fórmula:

$$v = \frac{4 \cdot \dot{m}}{\rho \cdot \pi \cdot d^2}$$

Ec.2.36.

Donde: \dot{m} es el caudal másico circulante por el conducto, en kg/s

Si $\text{Re} < 2000$, el régimen es laminar, y f toma el valor de:

$$f = \frac{64}{\text{Re}}$$

Ec.2.37.

Si $\text{Re} \geq 2000$, el régimen es turbulento. En este caso, f depende de la rugosidad del conducto, ε .

Si $\varepsilon \leq \frac{5\mu}{v \cdot \rho}$:

$$f = \frac{0,314}{0,7 - 1,65 \cdot \log_{10}(\text{Re}) + (\log_{10} \text{Re})^2}$$

Ec.2.38.

En cambio, si $\varepsilon > \frac{5\mu}{v \cdot \rho}$:

$$f = \frac{1,325}{\ln^2 \left[\frac{\varepsilon}{3,7d} + \frac{5,74}{\text{Re}^{0,9}} \right]}$$

Ec.2.39.

Pérdidas de carga singulares

Las pérdidas de cargas singulares o locales se producen cuando la corriente pierde su uniformidad y se ve alterada a causa de obstáculos en las conducciones, así como válvulas, acoplamientos, reducciones, codos, cambios de dirección, derivaciones, ect, que disipan la energía.

La determinación rigurosa de las pérdidas de carga singulares es compleja ya que dependen de la velocidad a la que pasa el fluido por el obstáculo, la cual no es constante. En instalaciones como la que se proyecta es muy útil la utilización del método de la longitud equivalente, que consiste en sustituir el accesorio por una longitud equivalente de tubo, que produzca por rozamiento la misma pérdida.

Conocida la longitud equivalente de un accesorio, se puede calcular la pérdida de carga que produce ($H_{r\text{ singular}}$) aplicando la ecuación 2.40, sustituyendo la longitud L del conducto por la longitud equivalente L_E de la pieza.

$$H_{r\text{ singular}} = f \cdot \frac{L_E}{D} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

Ec.2.40.

En la Figura 2.27 (de la firma Gould Pumps, U.S.A.), se expresan los valores de la longitud equivalente para los diferentes accesorios.

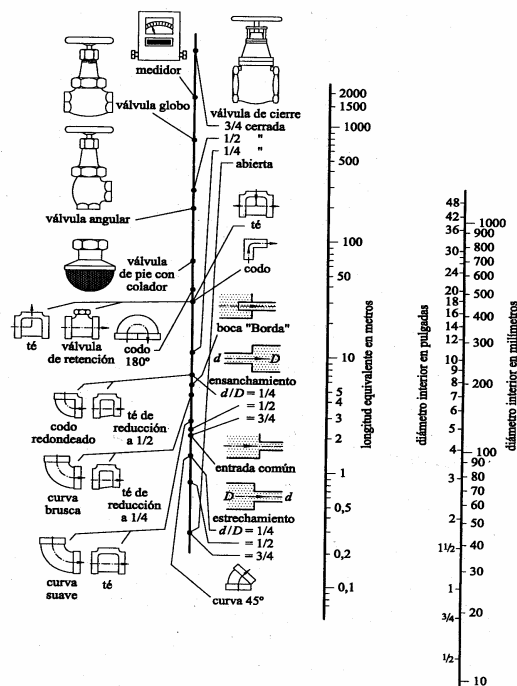


Figura 2.27. Gráfico de las longitudes equivalentes de algunos elementos.

La L_E también se puede determinar con la ayuda de la Tabla 2.68 que expresa el valor de la longitud equivalente para los diferentes accesorios.

DIÁMETRO EN PULGADAS	CODO 90°	"T"	REDUCCIÓN	VÁLVULA BOLA	VÁLVULA COMPUERTA	VÁLVULA RETENCIÓN	VÁLVULA ESFÉRICA	RADIADOR CON VÁLVULA
3/8	0,40	1,50	0,20	1,10	0,14	1,40	3	5
1/2	0,50	1,70	0,30	1,35	0,18	1,70	4	6
3/4	0,60	1,80	0,50	1,75	0,21	2,30	5	7
1	0,80	1,90	0,65	2,30	0,26	2,85	7	8
1 1/4	1,00	2,40	0,85	2,90	0,36	3,70	9	9
1 1/2	1,30	3,00	1,00	3,50	0,44	4,70	11	10
2	1,70	4,00	1,30	4,50	0,55	5,75	15	11
2 1/2	1,90	4,50	2,00	5,50	0,70	6,90	18	12
3	2,00	5,50	2,30	6,70	0,80	8,40	24	13
4	2,20	7,30	3,00	8,80	1,10	11,10	36	14
5	2,90	9,00	4,00	10,80	1,50	12,80	42	15
6	4,00	11,00	5,00	13,10	1,70	15,40	50	16

Tabla 2.68. Valores de L_E de los elementos más usuales.

Pérdidas de cargas singulares (otros elementos)

Se determinan teniendo en cuenta la información facilitada por los fabricantes, o bien mediante cálculos particulares para cada elemento. Un ejemplo de pérdidas de carga singulares de otros elementos pueden ser los colectores solares, los serpentines de los intercambiadores de los depósitos, etc.

2.1.9.2. Pérdidas de carga del circuito de la zona 1.

Para determinar las pérdidas de carga del circuito primario se calcula la pérdida total de cada tramo, para comprobar posteriormente cual es el camino más desfavorable por el cual puede circular el fluido, que corresponderá al de mayores pérdidas.

Las variables de diseño que se utilizan en los cálculos de este apartado se pueden ver en la Tabla 2.69.

% en masa de agua	70
% en masa de propilenglicol	30
Densidad de la mezcla	1.026 kg/m ³
Temperatura de trabajo	60 °C
Viscosidad dinámica	0,95·10 ⁻³ Pa·s
ε (conductos de cobre)	0,0015 mm
\dot{m} por m² de colector	0,014364 kg/s·m ²

Tabla 2.69. Variables de diseño para el cálculo de las pérdidas de carga de la zona 1.

Las pérdidas de carga se calcularán para los meses de invierno, que es cuando funciona la instalación solar al máximo. Además, para poder realizar los cálculos, se fijarán un máximo de pérdidas de carga por metro lineal: 25 mm.c.a./m

Los caudales máxicos empleados se corresponden con los calculados en el apartado 2.1.5.

Se ha intentado unificar los diámetros de los conductos en dos diámetros: 1-1/4" y 2-1/2". El primero se utiliza en los ramales de conexión de los captadores, mientras que el segundo se empleará para unir las desviaciones de los colectores con la sala de máquinas.

Los diámetros comerciales más utilizados se pueden ver en la Tabla 2.70, según el libro "ASHRAE 2000 HVAC Systems and Equipment Handbook", A.A.V.V. (2000). Hay tres tipos de conductos de cobre; K, L, M. Las de tipo K son las que soportan más presión, y las M las que menos. Como en la instalación del presente proyecto se trabaja con presiones bajas, únicamente se tendrán en cuenta los conductos de tipo M.

Diámetro nominal (")	Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	Espesor pared (mm)
1/2	15,88	14,45	0,71
3/4	22,23	20,60	0,81
1	28,58	26,80	0,89
1-1/4	34,93	32,79	1,07
1-1/2	41,28	38,79	1,24
2	53,98	51,03	1,47
2-1/2	66,68	63,38	1,65

Tabla 2.70. Diámetros comerciales de conductos de cobre tipo M.

En el plano 3.13, se pueden ver los diferentes tramos que conforman el circuito de la zona 1.

Pérdidas de carga continuas.

Los resultados de las pérdidas de carga continuas, calculadas tramo por tramo, se pueden ver en la Tabla 2.71.

Tramo	\dot{m} (kg/s)	L (m)	d (")	D_{int} (mm)	v (m/s)	Re	f	Re	$H_{r_{continuas}}$ (mmca)
A-B	2,068	5,4	2-1/2	63,38	0,6645	79021,0	0,052	1	100,928
B-C	1,809	5,4	2-1/2	63,38	0,5813	69124,3	0,052	1	77,364
C-D	1,551	5,4	2-1/2	63,38	0,4984	59265,8	0,052	1	56,998
D-E	1,292	5,4	2-1/2	63,38	0,4152	49369,0	0,053	1	39,674
E-F	1,034	5,4	2-1/2	63,38	0,3322	39510,5	0,053	1	25,525
F-G	0,775	5,4	2-1/2	63,38	0,2490	29613,7	0,053	1	14,443
G-H	0,517	5,4	2-1/2	63,38	0,1661	19755,2	0,054	1	6,516
H-I	0,258	5,4	2-1/2	63,38	0,0829	9858,52	0,056	1	1,683
A-A1	0,258	9,4	1-1/4	32,79	0,3097	19055,6	0,070	9	891,720
A1-A2	0,229	1,0	1-1/4	32,79	0,2749	16913,7	0,070	18	149,940
A2-A3	0,201	1,0	1-1/4	32,79	0,2413	14845,6	0,071	18	159,975
A3-A4	0,172	1,0	1-1/4	32,79	0,2065	12703,7	0,071	18	85,370
A4-A5	0,143	1,0	1-1/4	32,79	0,1716	10561,8	0,072	18	59,434
A5-A6	0,115	1,0	1-1/4	32,79	0,1380	8493,78	0,072	18	38,826
A6-A7	0,086	1,0	1-1/4	32,79	0,1032	6351,87	0,074	18	22,073
A7-A8	0,057	1,0	1-1/4	32,79	0,0684	4209,96	0,076	18	10,000
A8-A9	0,028	1,0	1-1/4	32,79	0,0336	2068,05	0,082	18	2,618
A1-A11	0,028	0,44	1-1/4	32,79	0,0336	2068,05	0,082	81	1,152
A99-J	0,258	0,1	2-1/2	63,38	0,0829	9858,52	0,056	9	0,561
P-O	0,258	5,4	2-1/2	63,38	0,0829	9858,52	0,056	1	1,683
O-Ñ	0,517	5,4	2-1/2	63,38	0,1661	19755,2	0,054	1	6,516
Ñ-N	0,775	5,4	2-1/2	63,38	0,2490	29613,7	0,053	1	14,443
N-M	1,034	5,4	2-1/2	63,38	0,3322	39510,5	0,053	1	25,525
M-L	1,292	5,4	2-1/2	63,38	0,4152	49369,0	0,053	1	39,674
L-K	1,551	5,4	2-1/2	63,38	0,4984	59265,8	0,052	1	56,998
K-J	1,809	5,4	2-1/2	63,38	0,5813	69124,3	0,052	1	77,364
J-Q	2,326	4	2-1/2	63,38	0,7474	88879,5	0,052	1	94,451
Q-R-S	2,326	1,5	2-1/2	63,38	0,7474	88879,5	0,052	1	35,419
S-T	2,326	1,5	2-1/2	63,38	0,7474	88879,5	0,052	1	35,419
Q-U-V	2,326	2	2-1/2	63,38	0,7474	88879,5	0,052	1	47,225
V-T	2,326	2	2-1/2	63,38	0,7474	88879,5	0,052	1	47,225
T-A	2,326	4	2-1/2	63,38	0,7474	88879,5	0,052	1	94,451

Tabla 2.71. Pérdidas de carga continuas en la zona 1.

Se ha considerado, para no repetir los cálculos, la simplificación de aquellos tramos en los que las pérdidas de carga son iguales, debido a la cantidad de líquido circulante, diámetro del

conducto y longitud de éste. En la Tabla 2.71 aparece una casilla “Repet.”, que indica las veces que dicho tramo se repite en la instalación.

Pérdidas de carga singulares.

Los resultados de las pérdidas de carga singulares se pueden ver en la Tabla 2.72.

Tramo Equivalente	Accesorio	L_E (m)	singularidades	$H_{r_{singular1}}$ (mmca)	Repet.	Total (mmca)
A-A1	Codo	1,00	2	21,080	9	545,44
	Válvula de bola	2,90	1	30,566		
	Reducción	0,85	1	8,959		
A99-J	Válvula	9,00	1	0,488	1	0,61
	T	2,40	1	0,130		
A4-A5	Válvula de bola	2,90	1	13,754	1	13,75
J-Q	Válvula	6,90	1	162,929	1	427,39
	Válvula	5,50	1	129,871		
	Codo	1,90	3	134,592		
Q-R-S	Codo	1,90	3	134,592	1	720,19
	Válvula bola	5,50	2	259,742		
	Válvula	6,90	2	325,858		
	Reducción	2,00	2	94,452		
Q-U-V	Codo	1,90	3	134,592	1	814,64
	Válvula bola	5,50	2	259,742		
	Válvula	6,90	2	325,858		
	Reducción	2,00	2	94,452		
S-T	Codo	1,90	3	134,592	1	134,59
V-T	Codo	1,90	3	134,592	1	134,59
T-A	Válvula bola	5,50	4	519,484	1	1752,07
	Válvula	6,90	2	325,858		
	T	4,50	6	637,548		
	Codo	1,90	6	269,184		

Tabla 2.72. Pérdidas de carga singulares en la zona 1.

Pérdidas de carga singulares (otros elementos).

Las pérdidas singulares de otros elementos, son las que tienen lugar en los colectores solares y en los serpentines de los depósitos.

La pérdida de carga de un colector solar Swiss XX-SEL, con un caudal de 0,0287 kg/s, es de 44 mmca (ver apartado 2.1.5.6.). Por tanto, habrá que añadir este valor al tramo A1-A11, que es el

tramo equivalente al colector. Hay que recordar que este tramo está repetido 81 veces, que son los número de colectores del circuito.

En los serpentines de los depósitos acumuladores, no se tienen datos de las pérdidas de carga, pero si se puede hacer una aproximación si se conoce la superficie de intercambio (S_I) y el diámetro del tubo del serpentín (d_{SRP}). De esta manera se puede encontrar la longitud del serpentín y calcular las pérdidas de carga como si se tratara de un tramo recto de conducto.

$$L_{SP} = \frac{S_I}{\pi \cdot d_{SRP}}$$

Ec 2.41.

Los resultados de los cálculos de las pérdidas de carga en los serpentines se muestran en la Tabla 2.73.

Tramo	\dot{m} (kg/s)	S_I (m ²)	L (m)	d	D_{int} (mm)	v (m/s)	Repet.	$H_{r_{sin g 2}}$ (mmca)
Q-R-S	2,585	5,8	34,2	2"	51,03	1,23	1	807,564
Q-U-V	2,585	3,8	44,7	1-1/2"	38,79	2,98	1	1.055,501

Tabla 2.73. Pérdidas de carga en los serpentines.

Pérdidas de carga totales.

Una vez calculadas las pérdidas de cargas continuas y singulares de cada tramo, se ha realizado la Tabla 2.74, en la que se muestran las pérdidas de carga totales de cada tramo.

Tramo	$Hr_{continuas}$ (mmca)	$Hr_{sin\ gular1}$ (mmca)	$Hr_{sin\ gular2}$	Hr_{TOTAL} (mmca)
A-B	100,92	0	0	100,92
B-C	77,36	0	0	77,36
C-D	56,99	0	0	56,98
D-E	39,67	0	0	39,67
E-F	25,52	0	0	25,52
F-G	14,44	0	0	14,44
G-H	6,51	0	0	6,51
H-I	1,68	0	0	1,68
A-A1	891,72	545,44	0	1.437,16
A1-A2	149,94	0	0	149,94
A2-A3	159,97	0	0	159,97
A3-A4	85,37	0	0	85,37
A4-A5	59,43	13,75	0	73,18
A5-A6	38,82	0	0	38,82
A6-A7	22,07	0	0	22,07
A7-A8	10,00	0	0	10,00
A8-A9	2,61	0	0	2,61
A1-A11	1,15	0	3.564,0	3.565,15
A99-J	0,56	0,61	0	1,17
P-O	1,68	0	0	1,68
O-Ñ	6,51	0	0	6,51
Ñ-N	14,44	0	0	14,44
N-M	25,52	0	0	25,52
M-L	39,67	0	0	39,67
L-K	56,99	0	0	56,99
K-J	77,36	0	0	77,36
J-Q	94,45	427,39	0	521,84
Q-R-S	35,41	720,19	807,56	1.563,17
S-T	35,41	134,59	0	170,01
Q-U-V	47,22	814,64	1.055,50	1.917,37
V-T	47,22	134,59	0	181,81
T-A	94,45	1752,07	0	1.846,52

Tabla 2.74. Pérdidas de carga totales, por tramo, de la zona 1.

Es necesario analizar cual es el camino más desfavorable que debe seguir el fluido por el circuito primario. Se puede ver que el más desfavorable será cuando la instalación funcione para satisfacer las necesidades de ACS y calefacción, ya que el fluido pasará por los 90 colectores solares instalados, además de por los serpentines de los 2 depósitos, siguiendo este camino, las pérdidas de carga toman un valor de 12.291,56 mm.c.a.

La bomba que se ha escogido para la instalación deberá ser capaz de suministrar esta caída de presión con un margen de seguridad de un 10%, para prever futuras pérdidas de rendimiento del circuito, es decir, deberá proveer una presión de unos 13.520 mm.c.a, o lo que es lo mismo, 0,135 bar.

Según la normativa vigente, se precisa la colocación de 2 bombas conectadas en paralelo para suministrar el caudal al conjunto de colectores, ya que la superficie colectora supera los 50 m².

2.1.9.2.1. Selección de la bomba de la zona 1.

Se han analizado diferentes tipos de bombas de circulación existentes en el mercado, y se ha extraído la información necesaria para determinar cual es la más adecuada, ver Tabla 2.75.

Caldera	Potencia (m.c.a)		Caudal (m ³ /h)		Coste (€)
	Max.	Min.	Max.	Min.	
WILO BAC40	18,0	1,0	23,4	0,1	1.890,00
ROCA SC-80-H	19,8	6,0	52,	0,1	1.365,00
IBERSOLAR STRATOS 40/ 1-12	18,0	2,5	20,0	0,1	1.528,00

Tabla 2.75. Características de las bombas de circulación existentes analizadas para la zona 1.

Como podemos ver en la Tabla 2.75, se escoge la bomba de circulación de la marca ROCA, modelo SC-80-H, que es capaz de proporcionar una potencia máxima mayor que la que necesita la instalación suministrando un caudal adecuado para el circuito de la zona 1, siendo la más económica de las analizadas.

Sus características se muestran en el apartado 4.3 del pliego de condiciones técnicas (Tabla 4.2)

2.1.9.3. Pérdidas de carga del circuito de la zona 4.

El circuito de la zona 4 es el secundario, por donde circula el agua caliente desde los depósitos de inercia hasta el circuito de aerotermos.

La densidad del agua, a diferentes temperaturas, se muestra en la Tabla 2.76.

Temperatura (°C)	Densidad (kg/m ³)	Viscosidad (Pa·s)
25	997,0	0,890·10 ⁻³
30	995,7	0,798·10 ⁻³
40	992,2	0,653·10 ⁻³
50	988,0	0,547·10 ⁻³
60	983,2	0,466·10 ⁻³
70	977,8	0,404·10 ⁻³

Tabla 2.76. Propiedades físicas del agua a 1 bar.

Las variables de diseño que se utilizan en los cálculos de este apartado se pueden ver en la Tabla 2.77, estas propiedades han sido calculadas mediante interpolaciones lineales a partir de la Tabla 2.76.

Fluido	Agua
Densidad (kg/m ³)	986,8
Temperatura impulsión (°C)	60
Temperatura de retorno (°C)	45
Temperatura de treball (°C)	52,5
Viscosidad dinámica (Pa·s)	0,526·10 ⁻³
ε conducto de cobre (mm)	0,0015
Caudal por aerotermo (kg/s)	0,00027

Tabla 2.77. Variables de diseño para el cálculo de las pérdidas de carga de la zona 4.

El caudal de agua en los aerotermos se determina siguiendo la ecuación 2.42.

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}}{C_p \cdot \Delta t}$$

Ec. 2.42.

Donde: \dot{m} es el caudal másico, en kg/s.

\dot{Q} es la potencia térmica necesaria, en W.

C_p es el calor específico del agua, 4182 J/kg K.

Δt es la disminución de temperatura en el aerotermo.

En la Tabla 2.78 se muestran los resultados de los cálculos de los caudales.

Dependencia	\dot{Q} (W)	\dot{m} (kg/s)
Aseos Caballeros	1.805	0,0287
Aseos Señoras	1.834	0,0292
Taquilla 1	1.417	0,0225
Taquilla 2	1.214	0,0193
Conserje	712	0,0113
Enfermería	1.529	0,0243
Vestuarios (6)	1.675	0,0267
Vestuarios Monitor (4)	619	0,0098
Vestuario 1	1.378	0,0219
Vestuario 2	1.691	0,0269
Gimnasio	10.600	0,1689
Vestuario 1'	855	0,0136
Vestuario 2'	954	0,0152
Sala Juntas	2.241	0,0535
Oficina 1	605	0,0096
Oficina 2	495	0,0079
Oficina 3	766	0,0122
Oficina 4	165	0,0026

Tabla 2.78. Cálculo del caudal necesario para cada aerotermo, dependiendo de la potencia térmica a suministrar.

Para poder realizar los cálculos, se fijará un máximo de pérdidas de carga de 15 mmca/m. En el plano 3.14 se puede ver el esquema del circuito para establecer los diferentes tramos que conforman la zona 4.

Los resultados de los cálculos, tramo por tramo, se pueden ver en las Tablas 2.79.

Tramo	\dot{m} (kg/s)	L (m)	d (")	D_{int} (mm)	v (m/s)	Re	f	Rep	$H_{r_{continuas}}$ (mmca)
A'-D'	0,6669	3,5	2	51,03	0,330	31650,4	0,058	1	22,22
B'-D'	0,6669	1,7	2	51,03	0,330	31650,4	0,058	1	10,79
C'-D'	0,6669	3,2	2	51,03	0,330	31650,4	0,058	1	20,31
D'-E'	0,6669	1,2	2	51,03	0,330	31650,4	0,058	1	7,61
E'-F'	0,6669	1,3	2	51,03	0,330	31650,4	0,058	1	8,25
F'-G'	0,1968	1,6	1-1/4	32,79	0,236	14535,4	0,071	2	19,76
G'-H'	0,1855	5,5	1-1/4	32,79	0,222	13700,8	0,071	2	60,52
H'-I'	0,1662	27,6	1-1/4	32,79	0,199	12275,3	0,071	2	244,74
I'-J'	0,1437	2,4	1-1/4	32,79	0,172	10613,5	0,072	2	16,00
J'-K'	0,0579	7,7	1-1/4	32,79	0,069	4276,43	0,076	2	8,80
K'-L'	0,0287	12	1-1/4	32,79	0,034	2119,75	0,082	2	3,64
J'-M'	0,0858	7,4	1-1/4	32,79	0,103	6337,09	0,074	2	18,06
M'-N'	0,0832	1,9	1-1/4	32,79	0,099	6145,06	0,074	2	4,36
N'-Ñ'	0,071	3,8	1-1/4	32,79	0,085	5243,98	0,074	2	6,42
Ñ'-O'	0,0631	3,6	1-1/4	32,79	0,075	4660,50	0,075	2	4,86
O'-P'	0,0535	8,8	1-1/4	32,79	0,064	3951,45	0,076	2	8,66
G'-G'1	0,0113	0,4	1-1/4	32,79	0,013	834,606	0,076	1	0,008
H'-H'1	0,0193	0,4	1-1/4	32,79	0,023	1425,47	0,044	1	0,014
I'-I'1	0,0225	0,4	1-1/4	32,79	0,027	1661,82	0,038	1	0,017
K'-K'1	0,0292	0,4	1-1/4	32,79	0,035	2156,68	0,082	1	0,062
L'-L'1	0,0287	0,4	1-1/4	32,79	0,034	2119,75	0,082	1	0,060
M'-M'1	0,0026	0,4	1-1/4	32,79	0,003	192,033	0,333	1	0,002
N'-N'1	0,0122	0,4	1-1/4	32,79	0,014	901,079	0,071	1	0,009
Ñ'-Ñ'1	0,0079	0,4	1-1/4	32,79	0,009	583,485	0,109	1	0,006
O'-O'1	0,0096	0,4	1-1/4	32,79	0,011	709,046	0,090	1	0,007
P'-P'1	0,0535	0,4	1-1/4	32,79	0,064	3951,45	0,076	1	0,196
F'-S'	0,4701	8,7	1-1/2	38,79	0,403	29350,4	0,065	2	242,22
S'-T'	0,4458	3,7	1-1/2	38,79	0,382	27833,3	0,065	2	92,74
T'-U'	0,4191	5,8	1-1/2	38,79	0,359	26166,3	0,065	2	128,66
U'-V'	0,3924	4,2	1-1/2	38,79	0,336	24499,3	0,065	2	81,78
V'-W'	0,3657	5,8	1-1/2	38,79	0,313	22832,3	0,065	2	98,26
W'-X'	0,339	4,2	1-1/2	38,79	0,290	21165,3	0,065	2	61,26
X'-Y'	0,3123	5,8	1-1/4	32,79	0,374	23066,1	0,070	2	178,34
Y'-Z'	0,2856	5,5	1-1/4	32,79	0,342	21094,1	0,070	2	141,72
Z'-AA'	0,2758	2,5	1-1/4	32,79	0,331	20370,3	0,070	2	60,12
AA'-AB'	0,266	2,5	1-1/4	32,79	0,319	19646,4	0,070	2	55,96

Tabla 2.79. Pérdidas de carga continuas en la zona 4.

Tramo	\dot{m} (k)	L (m)	d (")	D_{int} (mm)	v (m/s)	Re	f	Rep	$Hr_{continuas}$ (mmc)
AB'-AC'	0,256	2,5	1-1/4	32,79	0,307	18922,6	0,0706	2	51,96
AC'-AD'	0,246	22,7	1-1/4	32,79	0,295	18198,8	0,0707	2	437,00
AD'-AE'	0,048	3,2	1-1/4	32,79	0,058	3604,31	0,0774	2	2,64
AE'-AF'	0,026	5,7	1-1/4	32,79	0,032	1986,80	0,0833	2	1,52
AD'-AG'	0,197	5	1-1/4	32,79	0,237	14594,5	0,0712	2	62,30
AG'-AH'	0,184	4,9	1-1/4	32,79	0,220	13590,0	0,0713	2	53,06
AH'-AI'	0,168	7,4	1-1/4	32,79	0,202	12467,3	0,0716	2	67,64
AI'-AJ'	0,084	9,4	1-1/4	32,79	0,101	6233,69	0,0740	2	22,22
AJ'-AK'	0,042	5,9	1-1/4	32,79	0,050	3116,84	0,0786	2	3,70
AI'-AL'	0,084	0,4	1-1/4	32,79	0,101	6233,69	0,0740	2	0,94
AL'-AM'	0,042	8,9	1-1/4	32,79	0,050	3116,84	0,0786	2	5,58
S'-S'1	0,024	0,4	1-1/4	32,79	0,029	1794,77	0,0356	1	0,018
T'-T'1	0,026	0,4	1-1/4	32,79	0,032	1972,03	0,0324	6	0,120
Z'-Z'1	0,009	0,4	1-1/4	32,79	0,011	723,817	0,0884	4	0,028
AE'-AE'1	0,021	0,4	1-1/4	32,79	0,026	1617,51	0,0395	1	0,017
AF'-AF'1	0,026	0,4	1-1/4	32,79	0,032	1986,80	0,0322	1	0,020
AG'-AG'1	0,013	0,4	1-1/4	32,79	0,016	1004,48	0,0637	1	0,010
AH'-AH'1	0,015	0,4	1-1/4	32,79	0,018	1122,65	0,0570	1	0,011
AL'-AL'1	0,042	0,4	1-1/4	32,79	0,050	3116,84	0,0786	4	0,500
R'-AÑ'	0,666	0,8	2	51,03	0,330	31650,4	0,0581	1	5,07
E'-AÑ'	0,666	1	2	51,03	0,330	31650,4	0,0581	1	6,34
AÑ'-AO'	0,666	0,3	2	51,03	0,330	31650,4	0,0581	1	1,90
AO'-AP'	0,666	0,9	2	51,03	0,330	31650,4	0,0581	1	5,71
AO'-AQ'	0,666	0,6	2	51,03	0,330	31650,4	0,0581	1	3,81
AO'-AR'	0,666	1,2	2	51,03	0,330	31650,4	0,0581	1	7,61

Tabla 2.79. Pérdidas de carga continuas en la zona 4 (continuación).

Pérdidas de carga singulares.

Los resultados de las pérdidas de carga singulares se pueden ver en la Tabla 2.80



Tramo	Accesorio	L_E (m)	singularidades	$H_{r\text{ singular1}}$ (mmca)	Repet.	Total (mmca)
A'-D'	Codo	1,7	2	21,58	1	21,58
B'-D'	Codo	1,7	2	21,58	1	21,58
C'-D'	Codo	1,7	2	21,58	1	21,58
D'-E'	Codo	1,7	4	43,56	1	143,56
	Caldera	-	1	100	1	
E'-F'	Codo	1,7	2	78,72	1	78,72
	Válvula de bola	4,5	2			
F'-G'	Reducción	0,85	1	21,58	2	43,16
	Codo	1,0	2			
H'-I'	Codo 45°	0,41	3	9,88	2	19,76
	Codo	1,0	1			
I'-J'	T	2,4	1	8,00	2	16,00
G'-G'1	Válvula de bola	2,9	2	0,24	1	0,24
	Válvula	0,36	1			
	T	2,4	2			
J'-M'	Codo	1,0	2	2,44	2	4,88
M'-N'	T	2,4	1	3,91	2	7,82
	Codo	1,0	1			
N'-Ñ'	Codo	1,0	2	1,69	2	1,38
Ñ'-O'	Codo	1,0	2	1,35	2	2,70
O'-P'	Codo	1,0	2	0,98	2	1,96
H'-H'1	Válvula de bola	2,9	2	0,41	1	0,41
	Válvula	0,36	1			
	T	2,4	2			
I'-I'1	Válvula de bola	2,9	2	0,47	1	0,47
	Válvula	0,36	1			
	T	2,4	2			
K'-K'1	Válvula de bola	2,9	2	1,72	1	1,72
	Válvula	0,36	1			
	T	2,4	2			
L'-L'1	Válvula de bola	2,9	2	1,67	1	1,67
	Válvula	0,36	1			
	T	2,4	2			
M'-M'1	Válvula de bola	2,9	2	0,055	1	0,055
	Válvula	0,36	1			
	T	2,4	2			
N'-N'1	Válvula de bola	2,9	2	0,26	1	0,26
	Válvula	0,36	1			
	T	2,4	2			
Ñ'-Ñ'1	Válvula de bola	2,9	2	0,17	1	0,17
	Válvula	0,36	1			
	T	2,4	2			

Tabla 2.80. Pérdidas de carga singulares en la zona 4.



Tramo	Accesorio	L_E (m)	singularidades	$H_{r_{singular1}}$ (mmca)	Repet.	Total (mmca)
O'-O'1	Válvula de bola	2,9	2	0,20	1	0,20
	Válvula	0,36	1			
	T	2,4	2			
P'-P'1	Válvula de bola	2,9	2	5,39	1	5,39
	Válvula	0,36	1			
	T	2,4	2			
F'-S'	Reducción	1,0	1	133,64	2	267,28
	Codo	1,3	3			
	T	3,0	1			
X'-Y'	Reducción	0,85	1	13,07	2	26,14
Y'-Z'	Codo	1,0	2	25,77	2	51,54
AC'-AD'	Codo	1,0	1	32,72	2	65,44
	T	2,4	1			
AD'-AG'	Codo	1,0	1	6,23	2	12,46
AJ'-AK'	Codo	1,0	2	0,62	2	1,24
AI'-AL'	T	2,4	1	2,84	2	5,68
AL'-AM'	T	2,4	1	1,06	2	2,12
	Codo	1,0	1			
S'-S'1	Válvula de bola	2,9	2	0,51	1	0,51
	Válvula	0,36	1			
	T	2,4	2			
T'-T'1	Válvula de bola	2,9	2	0,57	6	0,57
	Válvula	0,36	1			
	T	2,4	2			
Z'-Z'1	Válvula de bola	2,9	2	0,21	4	0,21
	Válvula	0,36	1			
	T	2,4	2			
AE'-AE'1	Válvula de bola	2,9	2	0,46	1	0,46
	Válvula	0,36	1			
	T	2,4	2			
AF'-AF'1	Válvula de bola	2,9	2	0,57	1	0,57
	Válvula	0,36	1			
	T	2,4	2			
AG'-AG'1	Válvula de bola	2,9	2	0,29	1	0,29
	Válvula	0,36	1			
	T	2,4	2			
AH'-AH'1	Válvula de bola	2,9	2	0,32	1	0,32
	Válvula	0,36	1			
	T	2,4	2			

Tabla 2.80. Pérdidas de carga singulares en la zona 4 (continuación).

Tramo	Accesorio	L_E (m)	singularidades	$Hr_{\sin gular1}$ (mmca)	Repet.	Total (mmca)
AL'-AL'1	Válvula de bola	2,9	2	3,43	4	13,72
	Válvula	0,36	1			
	T	2,4	2			
R'-AÑ'	Reducción	1,3	1	10,05	1	10,05
	Codo	1,7	1			
E'-AÑ'	T	4,0	2	50,79	1	50,79
AÑ'-AO'	Codo	1,7	1	10,79	1	10,79
AO'-AP'	Codo	1,7	2	21,58	1	21,58
AO'-AQ'	Codo	1,7	2	21,58	1	21,58
AO'-AR'	Codo	1,7	2	21,58	1	21,58

Tabla 2.80. Pérdidas de carga singulares en la zona 4 (continuación).

Pérdidas de carga totales.

Una vez calculadas las pérdidas de cargas continuas y singulares de cada tramo, se ha realizado la Tabla 2.81, en las que se muestran las pérdidas de carga totales de cada tramo.

Tramo	$Hr_{\text{continuas}}$ (mmca)	$Hr_{\sin gular1}$ (mmca)	Hr_{TOTAL} (mmca)
A'-D'	22,22	21,58	43,8
B'-D'	10,79	21,58	32,37
C'-D'	20,31	21,58	41,89
D'-E'	7,61	143,56	151,17
E'-F'	8,25	78,72	86,97
F'-G'	19,76	43,16	62,92
G'-H'	60,52	0	60,52
H'-I'	244,74	19,76	264,5
I'-J'	16,00	16	32
J'-K'	8,80	0	8,8
K'-L'	3,64	0	3,64
J'-M'	18,06	4,88	22,94
M'-N'	4,36	7,82	12,18
N'-Ñ'	6,42	1,38	7,8
Ñ'-O'	4,86	2,7	7,56
O'-P'	8,66	1,96	10,62
G'-G'1	0,008	0,24	0,248
H'-H'1	0,014	0,41	0,424

Tabla 2.81. Pérdidas de carga totales, por tramo, de la zona 4.

Tramo	$Hr_{continuas}$ (mmca)	$Hr_{singular1}$ (mmca)	Hr_{TOTAL} (mmca)
I'-I'1	0,017	0,47	0,487
K'-K'1	0,062	1,72	1,782
L'-L'1	0,060	1,67	1,73
M'-M'1	0,002	0,055	0,057
N'-N'1	0,009	0,26	0,269
Ñ'-Ñ'1	0,006	0,17	0,176
O'-O'1	0,007	0,2	0,207
P'-P'1	0,196	5,39	5,586
F'-S'	242,22	267,28	509,5
S'-T'	92,74	0	92,74
T'-U'	128,66	0	128,66
U'-V'	81,78	0	81,78
V'-W'	98,26	0	98,26
W'-X'	61,26	0	61,26
X'-Y'	178,34	26,14	204,48
Y'-Z'	141,72	51,54	193,26
Z'-AA'	60,12	0	60,12
AA'-AB'	55,96	0	55,96
AB'-AC'	51,96	0	51,96
AC'-AD'	437,00	65,44	502,44
AD'-AE'	2,64	0	2,64
AE'-AF'	1,52	0	1,52
AD'-AG'	62,30	12,46	74,76
AG'-AH'	53,06	0	53,06
AI'-AJ'	22,22	0	22,22
AJ'-AK'	3,70	1,24	4,94
AI'-AL'	0,94	5,68	6,62
AL'-AM'	5,58	2,12	7,7
S'-S'1	0,018	0,51	0,528
T'-T'1	0,120	0,57	0,69
Z'-Z'1	0,028	0,21	0,238
AE'-AE'1	0,017	0,46	0,477
AF'-AF'1	0,020	0,57	0,59
AG'-AG'1	0,010	0,29	0,3
AH'-AH'1	0,011	0,32	0,331
AL'-AL'1	0,500	13,72	14,22
R'-AÑ'	5,07	10,05	15,12
E'-AÑ'	6,34	50,79	57,13
AÑ'-AO'	1,90	10,79	12,69
AO'-AP'	5,71	21,58	27,29
AO'-AQ'	3,81	21,58	25,39
AO'-AR'	7,61	21,58	29,19

Tabla 2.81. Pérdidas de carga totales, por tramo, de la zona 4 (continuación).

Las pérdidas de carga totales que debe superar el fluido para circular por el circuito de calefacción serán de 3.208,18 mmca.

La bomba que se elige para la instalación deberá ser capaz de superar esta caída de presión con un margen de seguridad de un 10%, para prever futuras pérdidas de rendimiento del circuito, es decir, deberá proveer una presión de unos 3.529 mm.c.a, o lo que es lo mismo, 0,034 bar.

2.1.9.3.1. Selección de la bomba de la zona 4.

La bomba que se debe seleccionar deberá suministrar una potencia de 3,53 mca y aportar 2,43 m³/h. Se ha analizado diferentes tipos de bombas que reúnan estas características, ver Tabla 2.82.

Caldera	Potencia (m.c.a)		Caudal (m ³ /h)		Coste (€)
	Max.	Min.	Max.	Min.	
WILO P 40 / 160 r	6,0	1,0	3,7	0,1	238
IBERSOLAR STRATOS ST 25 / 6	6,2	1,0	3,9	0,1	245
ROCA PC 1045	7,5	0,0	6,9	0,1	204

Tabla 2.82. Características de las bombas de circulación analizadas para la zona 4.

Según las necesidades del sistema de calefacción y de las características que se pueden ver en la Tabla 2.81, donde se han tenido en cuenta diferentes bombas existentes en el mercado, se ha escogido la bomba de la marca ROCA, modelo PC 1045, que según sus características, es capaz de proporcionar las necesidades del circuito y además es la más económica.

2.1.10. Cálculo del vaso de expansión.

El vaso de expansión, tiene la función de absorber las variaciones de volumen del fluido contenido en un circuito cerrado al variar su temperatura, debido al conocido fenómeno de dilatación que experimentan los cuerpos en general. Se instalará, preferiblemente en la aspiración de la bomba.

Hará falta determinar el volumen mínimo del vaso de expansión de la instalación, que será de tipo cerrado. Su diseño, según ITE 02.8.4 del RITE, se realizará de acuerdo con la UNE 100155:2004, que hace referencia al diseño y cálculo de los sistemas de expansión.

2.1.10.1. Método de cálculo.

La función del vaso de expansión es absorber el exceso de volumen que resulta cuando el agua o fluido de la instalación aumenta de temperatura, debido al fenómeno de la dilatación.

En primer lugar, será necesario determinar cual es el volumen del fluido contenido en la instalación (V). Conociendo el volumen en litros expansionados por 1 kg de agua a diferentes temperaturas, partiendo de una temperatura de llenado de 4°C, de acuerdo con la UNE citada anteriormente, puede utilizarse la siguiente expresión:

$$Ce = (3,24 \cdot T^2 + 102,13 \cdot T - 2.708,3) \cdot 10^{-6}$$

Ec. 2.43.

Donde: Ce es el coeficiente de expansión del agua a una cierta temperatura.

T es la temperatura del agua.

Resultando los siguientes valores mostrados en la Tabla 2.83.

Temperatura (°C)	Ce
40	0,00656
50	0,0105
60	0,0151
70	0,0204
80	0,0262
90	0,0328

Tabla 2.83. Volumen expansionado por 1 kg de agua según la temperatura.

Otra manera de calcular Ce partiendo de cualquier temperatura es:

$$Ce = \beta \cdot (T_{\max} - T_{\min})$$

Ec. 2.44.

Donde: T_{\max} es la temperatura máxima del sistema.

T_{\min} es la temperatura mínima del sistema.

β es el coeficiente de dilatación volumétrico del fluido.

El vaso de expansión tendrá una capacidad de, como mínimo, este volumen. La expresión matemática que relaciona estos parámetros es la siguiente:

$$\Delta V = V \cdot Ce$$

Ec. 2.45.

El volumen total del fluido de la instalación (V), será la suma del contenido en los conductos y el contenido en otros elementos del sistema, como depósitos, colectores, intercambiadores, etc. El volumen medio contenido por metro lineal de tubería de acero DIN 2440, se muestra en la Tabla 2.84.

Diametro	Contenido (l)
3/8"	0,13
1/2"	0,22
3/4"	0,38
1"	0,61
1-1/4"	1,10
1-1/2"	1,40
2"	2,30
2-1/2"	3,80
3"	5,25
4"	8,90

Tabla 2.84. Volumen contenido en un metro lineal de tubería.

2.1.10.2. Vaso de expansión de la zona 1.

En el circuito hidráulico de la zona 1 circula una mezcla de agua y anticongelante, el coeficiente de dilatación volumétrico del cual se desconoce.

Para calcular β (coeficiente de dilatación) del anticongelante se ha utilizado una gráfica, obtenida de una hoja de especificaciones de la empresa de productos químicos *Lyondell*.

A partir de la gráfica de la Figura 2.28, se pretende calcular el coeficiente de dilatación volumétrico del propilenglicol, mediante la siguiente expresión:

$$\beta = \frac{\Delta V}{\Delta T \cdot V_1} = \frac{V_2 - V_1}{(T_2 - T_1) V_1} = \frac{\frac{m}{\rho_2} - \frac{m}{\rho_1}}{(T_2 - T_1) \frac{m}{\rho_1}} = \frac{\frac{\rho_1}{\rho_2} - 1}{(T_2 - T_1)}$$

Ec. 2.46.

Donde: β es el coeficiente de dilatación volumétrica del propilenglicol, en $^{\circ}\text{C}^{-1}$.

ρ_1 es la densidad en el punto 1 de la Figura 2.28, en kg/m^3 .

ρ_2 es la densidad en el punto 2 de la Figura 2.28, en kg/m^3 .

T_1 es la temperatura en el punto 1 de la Figura 2.28, en $^{\circ}\text{C}$.

T_2 es la temperatura en el punto 2 de la Figura 2.28, en $^{\circ}\text{C}$.

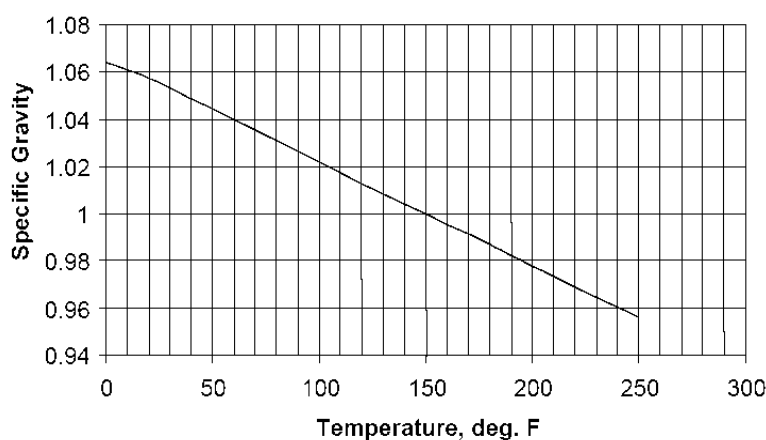


Figura 2.28. Peso específico del propilenglicol en función de la temperatura.

Para hacer los cálculos se han escogido como punto 1 y 2 los que corresponden a las temperaturas de 50°F y 200°F , respectivamente. Para pasarlo a grados Celsius, se ha utilizado la siguiente expresión:

$$T(^{\circ}\text{C}) = \frac{5}{9} \cdot (T(^{\circ}\text{F}) - 32)$$

Ec. 2.47.

De forma que, $50^{\circ}\text{F} = 10^{\circ}\text{C}$ y $200^{\circ}\text{F} = 93,33^{\circ}\text{C}$.

Si se observa la Figura 2.28, se puede ver que si $T_1 = 50^{\circ}\text{F}$, entonces, $\rho_1 = 1,045 \text{ kg/m}^3$; y que si $T_2 = 200^{\circ}\text{F}$, $\rho_2 = 0,977 \text{ kg/m}^3$.

Sustituyendo los valores en la Ec. 2.47, se obtiene un coeficiente de dilatación volumétrica del propilenglicol, β_p de $8,352 \cdot 10^{-4} ^{\circ}\text{C}^{-1}$.

El coeficiente de dilatación volumétrica del agua, β_a , se ha obtenido de “*Calefacción. Cálculo y diseño de las instalaciones*”, E. Carnicer, 2001, con un valor de $2,100 \cdot 10^{-4} ^{\circ}\text{C}^{-1}$.

Para calcular la variación de volumen de la mezcla agua-propilenglicol, hay que hacer una media ponderada teniendo en cuenta el porcentaje en volumen de cada uno de los componentes;

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta V_a + \Delta V_p}{V} = \Delta T \cdot \left(\frac{\beta_a \cdot V_a}{V} + \frac{\beta_p \cdot V_p}{V} \right) = (T_{\max} - T_{\min}) \cdot (\beta_a \cdot f_a^{VOL} + \beta_p \cdot f_p^{VOL})$$

Ec. 2.48.

Donde: f_a^{VOL} es la fracción volumétrica del agua; 0,72 (apartado 2.1.5.1).

f_p^{VOL} es la fracción volumétrica del propilenglicol; 0,28 (apartado 2.1.5.1).

Ahora hay que determinar T_{\max} y T_{\min} de la mezcla anticongelante. Dado que la válvula de seguridad actuará hasta que el fluido empiece a hervir, a 102,22°C (apartado 2.1.5.1), se puede establecer T_{\max} en este valor. Para determinar T_{\min} , la mayoría de las referencias técnicas coinciden en establecerla en 4°C, que es cuando el agua está en su volumen mínimo (por debajo de 4°C la relación temperatura-incremento de volumen no es lineal y cambia de pendiente).

Sustituyendo estos valores en la Ec. 2.46, se obtiene para C_e un valor de **0,03782**.

El último paso es determinar el volumen total de fluido en la instalación. Este cálculo se detalla en la Tabla 2.85, desglosando el volumen que contienen los conductos, el volumen que contienen los colectores solares y los volúmenes de los intercambiadores de los tanques de ACS y de inercia.

Elemento	Diámetro nominal	Longitud (m)	Volumen (l)
Conducto de Cu	1-1/4"	264,24	290,66
Conducto de Cu	2-1/2"	100,90	383,42
Intercambiador ACS	2"	34,20	78,66
Intercambiador inercia	1-1/2"	44,70 (x 3)	187,74
	litros/colector	nº colectores	
Colectores solares	2,6	81	210,60
TOTAL			1.151,08

Tabla 2.85. Volumen total de fluido en la zona 1.

Por último, se calcula el incremento de volumen del fluido caloportador, mediante la Ec 2.49. Sustituyendo los valores, obtenemos un ΔV de 43,53 litros.

$$\Delta V = V \cdot C_e$$

Ec. 2.49.

Según el RITE, el volumen mínimo del vaso de expansión ha de ser el 6% del volumen total del fluido del circuito. Según esta condición, si el volumen total de fluido del circuito de la zona 1 es de 1.151,08 litros, entonces, el vaso de expansión ha de tener un volumen mínimo de 69,06 litros.

$$V = V_{TOTAL} \cdot 0,06$$

Ec.2.50.

Según los cálculos realizados, para nuestra instalación se selecciona el vaso de expansión VASOFLEX de la casa comercial ROCA, con una capacidad de 80 litros, ya que la gama de vasos de expansión pasa de 50 a 80 litros, y el de 50 litros resultaría insuficiente para esta instalación.

2.1.11. Cálculo del aislamiento de los conductos.

El objetivo de este apartado es determinar el espesor del aislamiento que se habrá de instalar, según normativa, en los conductos que conforman la instalación.

Según el apéndice 3.01 del RITE, los componentes de una instalación (equipos, aparatos, conducciones y accesorios) tendrán aislamiento térmico cuando contengan fluidos a temperaturas:

- Inferiores a la del ambiente.
- Superiores a 40°C y estén situadas en locales no calefactados.

El determinar los espesores mínimos de aislamiento de los conductos según la temperatura del fluido que circula y el diámetro del conducto. Estos valores se dan para una conductividad térmica de referencia del aislante de $0,040 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ a 20°C. Como en nuestra instalación se utiliza un aislante con una conductividad térmica diferente, el espesor mínimo se obtendrá según la siguiente expresión:

$$e = \frac{d_i}{2} \cdot \left[\exp \left(\frac{k}{k_{ref}} \cdot \ln \frac{d_i + 2 \cdot e_{ref}}{d_i} \right) - 1 \right]$$

Ec. 2.51.

Donde:

- e es el espesor mínimo de aislante, en mm.
- d_i es el diámetro interior del conducto, en mm.
- k es la conductividad térmica a 20°C del aislante, en $W / m \cdot ^\circ C$.
- k_{ref} es la conductividad térmica de referencia, en $W / m \cdot ^\circ C$.
- e_{ref} es el espesor mínimo de aislante de referencia, en mm.

Según las tablas del RITE, y teniendo en cuenta las temperaturas de trabajo y los diámetros de las tuberías, la Tabla 2.86 muestra los espesores de aislamiento de referencia para las tuberías con un fluido interior caliente.

Diámetro exterior (mm)	Temperatura del fluido (°C)			
	40 a 65	66 a 100	101 a 150	151 a 200
$D \leq 35$	20	20	30	40
$35 < D \leq 60$	20	30	40	40
$60 < D \leq 90$	30	30	40	50
$90 < D \leq 140$	30	40	50	50
$140 < D$	30	40	50	60

Tabla 2.86. Espesores del aislamiento de referencia.

Ahora hay que modificar el espesor aplicando la ecuación 2.52. El aislamiento escogido es de la marca Isocell, con una conductividad térmica a 10°C de $0,036 W / m \cdot ^\circ C$ y a 40°C de $0,039 W / m \cdot ^\circ C$. La conductividad a 20°C se obtiene por interpolación lineal, obteniéndose un valor de $0,037 W / m \cdot ^\circ C$.

Los espesores mínimos que hay que instalar se han corregido y se muestran en la Tabla 2.87.

Zona	Local	d nominal	d_i (mm)	e_{ref} (mm)	e_{min} (mm)
Zona 1	Exterior	2-1/2"	63,38	30	23,95
	Exterior	1-1/4"	32,79	20	14,30
	Interior	2 -1/2"	63,38	30	23,95
Zona 3	Interior	2"	51,03	20	17,54
Zona 4	Interior	1-1/4"	32,79	20	14,30
	Interior	1-1/2"	38,79	20	15,34
	Interior	2"	51,03	20	17,54

Tabla 2.87. Resultados de la corrección del espesor del aislamiento mínimo.

Finalmente, se ha de escoger, entre la gama de coquillas del fabricante mostradas en la Tabla 2.88, cuales encajan en cada conducto cumpliendo con el espesor mínimo.

Tipo	Diámetro interior	Espesor (mm)	Espesor total (mm)
13x28	1"	13	13
19x42	1-1/4"	19	19
19x48	1-1/2"	19	19
19x60	2"	19	19
19x76	2-1/2"	19	19
9x76 + 19x89	2-1/2"	28	28

Tabla 2.88. Gama de coquillas del fabricante.

Los resultados finales se muestran en la Tabla 2.89.

Zona	Local	d nominal	e_{min} (mm)	e_{inst} (mm)	Tipo coquilla
Zona 1	Exterior	2-1/2"	23,95	28	9x79 + 19x89
	Exterior	1-1/4"	14,30	19	19x42
	Interior	2-1/2"	23,95	28	9x79 + 19x89
Zona 2	Interior	1"	13,23	13	13x28
	Interior	1-1/4"	14,30	19	19x42
Zona 3	Interior	2"	17,54	19	19x60
Zona 4	Interior	1-1/4"	14,30	19	19x42
	Interior	1-1/2"	15,34	19	19x48
	Interior	2"	17,54	19	19x60

Tabla 2.89. Coquillas seleccionadas para cada tramo.

2.1.12. Cálculo de la resistencia estructural de los soportes de los colectores.

Los colectores se instalarán sobre unos soportes universales que proporcionarán estabilidad y sujeción al colector y le dotarán de la inclinación necesaria.

La carga que supone un colector SWISS, modelo XX-SEL lleno del fluido que se utilizará en el circuito primario se determina siguiendo la ecuación 2.52.

$$C_{\text{captador}} = m_{\text{captador}} + m_{\text{fluido}}$$

Ec. 2.52.

Donde: C_{captador} es la carga que supone un captador (kg).

m_{captador} es la masa del captador vacío (kg).

m_{fluido} es la masa del fluido caloportador dentro del captador (kg).

Según el catálogo del fabricante, un colector SWISS, XX-SEL tiene una masa de 52 kg en vacío, y una capacidad de 3,2 litros de fluido caloportador.

La densidad del fluido caloportador es de 1.026 kg/m³, por lo que 3,2 litros tienen un peso de 3,28 kg.

Sustituyendo estos valores en la Ec. 2.51, cada colector lleno supone una carga de 55,28 kg.

Se ha determinado, mediante el programa informático SAP 2000, que calcula las acciones y los momentos que recibe una estructura y determina el material del cual debe estar fabricada dicha estructura.

Se ha diseñado una estructura de 2.5 metros de altura, con una base de 1,2 x 0,9 metros donde se anclará el soporte del fabricante para dotar a los colectores de la inclinación necesaria. Se han considerado una carga de 60 kg por colector y una acción del aire de 0,6 kN/m² (tal como especifica el CTE).

El programa ha determinado las acciones y los momentos a los que se somete la estructura y se ha optado por instalar una estructura con unas barras cuadradas de 6cm y espesor de 3 mm de acero S275JR capaz de soportar las acciones, ver Figura 2.28.

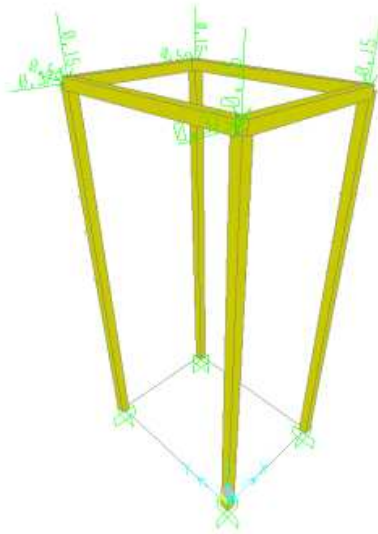


Figura 2.29. Acciones que soporta la estructura de acero.

Las barras superiores se unirán mediante soldadura de penetración completa, donde se añadirá una placa de 10 x 10 cm para anclar el soporte de los colectores.

En la parte inferior, se realizará una solera de hormigón de 50 x 50 cm, armándola con 4 Ø 10, en las que se anclarán las barras de la estructura de acero mediante una placa de 15x15 cm en cada pie y con 4 pernos de 30 mm.

2.2 CATALOGOS Y COMPONENTES

Los catálogos de los componentes de la instalación se adjuntan en un cd, dentro de la carpeta “*catálogos*”, los cuales se listan a continuación.

- Colector solar SWISS, XX-SEL.
- Bomba de circulación de la zona 1 ROCA, SC-80-H.
- Centralita de regulación solar RESOL, DeltaSol M.
- Electroválvula de 3 vías SALVADOR ESCODA, SF.
- Válvula equilibrado TOUR&ANDERSON, Stad.
- Vaso expansión circuito primario ROCA, Vasoflex 80.
- Sensor radiación solar RESOL, CS10.
- Sonda de temperatura del circuito primario RESOL, PT28.
- Purgador automático VOSS, Purg_O_Mat 150.
- Caldera de gasoil LIDIA, 35.
- Depósito de inercia LAPESA, MV-5000-I y MV-2500-I.
- Sonda de temperatura del depósito RESOL, FKP 150.
- Aerotermos JUNCKER, X 142.
- Bomba de circulación de la zona 4 ROCA, PC-1045.
- Depósitos ACS LAPESA, MV-2500.
- Conductos de cobre NACOBRE, tipo M.
- Manómetro vertical SALVADOR ESCODA, IM 30 503.
- Válvula de bola SALVADOR ESCODA, latón.
- Válvula de retención EUROPA.
- Válvula de seguridad regulable SALVADOR ESCODA.
- Válvula reductora de presión RINOX.
- Filtro de partículas sólidas SALVADOR ESCODA.
- Aislamiento de conductos ISOCELL, M1.



2.3 TABLAS Y DIAGRAMAS

En este capítulo, se muestran las tablas y diagramas extraídas de diferentes fuentes que se han utilizado en los cálculos y en otros capítulos del presente proyecto. La información se ha organizado según el capítulo en el que se ha utilizado.

2.3.1 Información utilizada para la descripción de los cerramientos.

Propiedad de los materiales según CTE (Tabla 2.90. y 2.91.)

Material	Densidad aparente kg/m³	Conductividad térmica λ	
		kcal/hm °C	(W/m °C)
ROCAS Y SUELOS NATURALES			
Rocas y terrenos			
— Rocas compactas	2.500-3.000	3,00	(3,50)
— Rocas porosas	1.700-2.500	2,00	(2,33)
— Arena con humedad natural	1.700	1,20	(1,40)
— Suelo coherente humedad natural	1.800	1,80	(2,10)
Arcilla	2.100	0,80	(0,93)
Materiales suelos de relleno desecados al aire, en forjados, etc.			
— Arena	1.500	0,50	(0,58)
— Grava rodada o de machaqueo	1.700	0,70	(0,81)
— Escoria de carbón	1.200	0,16	(0,19)
— Cascote de ladrillo	1.300	0,35	(0,41)
PASTAS, MORTEROS Y HORMIGONES			
Revestimientos continuos			
— Morteros de cal y bastardos	1.600	0,75	(0,87)
— Mortero de cemento	2.000	1,20	(1,40)
— Enlucido de yeso	800	0,26	(0,30)
— Enlucido de yeso con perlita	570	0,16	(0,18)
Hormigones normales y ligeros			
— Hormigón armado (normal)	2.400	1,40	(1,63)
— Hormigón con áridos ligeros	600	0,15	(0,17)
— Hormigón con áridos ligeros	1.000	0,28	(0,33)
— Hormigón con áridos ligeros	1.400	0,47	(0,55)
— Hormigón celular con áridos silíceos	600	0,29	(0,34)
— Hormigón celular con áridos silíceos	1.000	0,58	(0,67)
— Hormigón celular con áridos silíceos	1.400	0,94	(1,09)
— Hormigón celular sin áridos	305	0,08	(0,09)
— Hormigón en masa con grava normal:			
• con áridos ligeros	1.600	0,63	(0,73)
• con áridos ordinarios, sin vibrar	2.000	1,00	(1,16)
• con áridos ordinarios, vibrado	2.400	1,40	(1,63)
— Hormigón en masa con arcilla expandida	500	0,10	(0,12)
— Hormigón en masa con arcilla expandida	1.500	0,47	(0,55)
Fábrica de bloques de hormigón incluidas juntas (1)			
— Con ladrillos silicocalcáreos macizo	1.600	0,68	(0,79)
— Con ladrillos silicocalcáreos perforado	2.500	0,48	(0,56)
— Con bloques huecos de hormigón	1.000	0,38	(0,44)
— Con bloques huecos de hormigón	1.200	0,42	(0,49)
— Con bloques huecos de hormigón	1.400	0,48	(0,56)
— Con bloques hormigón celular curado vapor	600	0,30	(0,35)
— Con bloques hormigón celular curado vapor	800	0,35	(0,41)
— Con bloques hormigón celular curado vapor	1.000	0,40	(0,47)
— Con bloques hormigón celular curado aire	800	0,38	(0,44)
— Con bloques hormigón celular curado aire	1.000	0,48	(0,56)
— Con bloques hormigón celular curado aire	1.200	0,60	(0,70)
Placas o panales			
— Cartón-yeso	900	0,16	(0,18)
— Hormigón con fibra de madera	450	0,07	(0,08)
— Placas de escayola	800	0,26	(0,30)
LADRILLOS Y PLAQUETAS			
— Fábrica de ladrillo macizo	1.800	0,75	(0,87)
— Fábrica de ladrillo perforado	1.600	0,65	(0,76)
— Fábrica de ladrillo hueco	1.200	0,42	(0,49)
— Plaquetas	2.000	0,90	(1,05)

Tabla 2.90. Propiedades de los materiales de construcción (1).



Material	Densidad aparente kg/m³	Conductividad térmica λ	
		kcal/hm °C	(W/m °C)
VIDRIO (2)			
— Vidrio plano para acristalar	2.500	0,82	(0,95)
METALES			
— Fundición y acero	7.850	50	(58)
— Cobre	8.900	330	(384)
— Bronce	8.500	55	(64)
— Aluminio	2.700	175	(204)
MADERA			
— Maderas frondosas	800	0,18	(0,21)
— Maderas de coníferas	600	0,12	(0,14)
— Contrachapado	600	0,12	(0,14)
— Tablero aglomerado de partículas	650	0,07	(0,08)
PLÁSTICOS Y REVESTIMIENTOS DE SUELOS			
— Linóleo	1.200	0,16	(0,19)
— Moquetas, alfombras	1.000	0,04	(0,05)
MATERIALES BITUMINOSOS			
— Asfalto	2.100	0,60	(0,70)
— Betún	1.050	0,15	(0,17)
— Láminas bituminosas	1.100	0,16	(0,19)
MATERIALES AISLANTES TÉRMICOS			
— Arcilla expandida	300	0,073	(0,085)
— Arcilla expandida	450	0,098	(0,114)
— Aglomerado de corcho UNE 5.690	110	0,034	(0,039)
— Espuma elastomérica	60	0,029	(0,034)
— Lana de vidrio:			
• Tipo I	10-18	0,038	(0,044)
• Tipo II	19-30	0,032	(0,037)
• Tipo III	31-45	0,029	(0,034)
• Tipo IV	46-65	0,028	(0,033)
• Tipo V	66-90	0,028	(0,033)
• Tipo VI	91	0,031	(0,036)
— Lana mineral:			
• Tipo I	30-50	0,036	(0,042)
• Tipo II	51-70	0,034	(0,040)
• Tipo III	71-90	0,033	(0,038)
• Tipo IV	91-120	0,033	(0,038)
• Tipo V	121-150	0,033	(0,038)
— Perlita expandida	130	0,040	(0,047)
— Poliestireno expandido UNE 53.310:			
• Tipo I	10	0,049	(0,057)
• Tipo II	12	0,038	(0,044)
• Tipo III	15	0,032	(0,037)
• Tipo IV	20	0,029	(0,034)
• Tipo V	25	0,028	(0,033)
— Poliestireno extrusionado	33	0,028	(0,033)
— Polietileno reticulado	30	0,033	(0,038)
— Polisocianurato, espuma de	35	0,022	(0,026)
— Poliuretano conformado, espuma de			
• Tipo I	32	0,020	(0,023)
• Tipo II	35	0,020	(0,023)
• Tipo III	40	0,020	(0,023)
• Tipo IV	80	0,034	(0,040)
— Poliuretano aplicado <i>in situ</i> , espuma de			
• Tipo I	35	0,020	(0,023)
• Tipo II	40	0,020	(0,023)
— Urea formol, espuma de	10-12	0,029	(0,034)
— Urea formol, espuma de	12-14	0,030	(0,035)
— Vermiculita expandida	120	0,030	(0,035)
— Vidrio celular	160	0,038	(0,044)

(1) Las densidades se refieren al bloque, no a la fábrica.

(2) Véase tabla de resistencias térmicas.

Tabla 2.91. Propiedades de los materiales de construcción (2).



2.3.2 Información utilizada para los cálculos de cargas térmicas.

Renovación de aire para diferentes locales según “Sistemes de fred y climatitzacio” (Tabla 2.92).

Tipo de local	Requerimiento de aire de ventilación en dm ³ /s			
	Por persona		Por m ² de superficie	
	mínimo	máximo	mínimo	máximo
1. Locales de viviendas				
1.1. Locales vivideros	2,5	4,0	0,40	—
1.2. Aseos y cuartos de baño (1) (2)	—	—	2	3,5
1.3. Cocinas (1) (2)	—	—	0,80	1,5
2. Locales comerciales				
2.1. Tiendas. Locales de venta en general	3,5	6,0	—	—
2.2. Restaurantes, bares, cafeterías y similares:				
— Comedores	5,0	8,0	—	—
— Cafetería, bares, etc.	10	15	—	—
— Cocinas (1) (2)	15	—	3,5	—
2.3. Hoteles, residencias, moteles, etc.	3,5	6,0	—	—
— Dormitorios	—	—	—	—
— Cuartos de baño (1) (2)	—	—	2	3,5
— Salones sociales	7,0	10	—	—
— Vestíbulo de entrada	4,0	7,0	—	—
2.4. Peluquerías, barberías, gimnasios, etc.:				
— Peluquería de señoras	10	14	2,0	—
— Peluquería de caballeros	3,5	6	—	—
2.5. Teatros, cines, salas de conciertos, salones de actos, etc.:				
— Salas (no fumadores)	2,5	4,0	1,2	—
— Salas (fumadores)	5,0	8,0	2,5	—
2.6. Salas de fiesta, bingo, casinos, etc.	7,0	10	—	—
2.7. Locales para el deporte:				
— Zona de deporte (3)	10	14	—	—
— Zona de espectadores	6	10	—	—
2.8. Vestuarios (4)	15	22	2,5	5
2.9. Oficinas:				
— Espacios generales	7	10	0,50	—
— Salas de reunión	12	18	2,50	—
— Salas de espera	5	8	—	—
— Salas de descanso	7	10	—	—
— Salas de computadoras	2,5	4	—	—
— Salas de reproducción y perforación	3,5	5	—	—
3. Locales institucionales				
3.1. Escuelas:				
— Aulas, laboratorios y talleres	5	7	—	—
— Aulas magnas, salas de conferencias, etc.	2,5	3,5	1,25	—
— Bibliotecas	3,5	5	—	—
— Comedores	5	8	—	—
— Dormitorios	3,5	7	—	—
3.2. Hospitales:				
— Habitaciones y salas comunes	5	8	—	—
— Quirófanos (5)	10	—	—	—
— Locales auxiliares en quirófanos	8	—	—	—
— Unidades de vigilancia intensiva	15	—	—	—
— Areas de fisioterapia	7	12	—	—
— Autopsia	15	20	—	—
— Oficinas	16	20	—	—
— Entradas, pasillos, etc.	10	15	—	—
3.3. Museos y salas de exhibición	3,5	7	—	—

(1) Locales que deben de estar en depresión.

(2) Posible uso intermitente.

(3) Para piscinas deberán estudiarse además las condensaciones.

(4) Valores en dm³/s y taquilla.

(5) Normalmente todo aire exterior.

Tabla 2.92. Caudales para la renovación del aire.

Condiciones exteriores de proyecto introducidas al programa dpClima según “Calefacción, climatización y agua caliente sanitaria” (Tabla2.93.)

Condiciones exteriores de proyecto									
Localidad	Latitud/ altura (m)	CONDICIONES DE INVIERNO				CONDICIONES DE VERANO			
		Viento domin. dir/(m/s)	Nivel percentil 99% °CBS	Nivel percentil 97,5% °CBS	Grados día anuales	Nivel percentil 1% °CBS/°CBN	Nivel percentil 2,5% °CBS/°CBN	Nivel percentil 5% °CBS/°CBN	OMD °CBS
Albacete (Los Llanos)	38°57/680	NW/-	-4,7	-3,7	1.673	34,5/20,4	33,1/20,3	31,6/19,6	16,0
Alicante (El Altet)	38°23/92	NW/5,9	2,5	3,6	517	31,5/21,8	30,2/21,5	29,1/21,6	9,8
Almería	36°50/18	n.d.	4,9	5,8	319	31,3/23,4	30,5/23,1	29,7/22,9	n.d.
Ávila	40°39/1131	n.d.	-9,4	-7,2	2.237	31,8/17,6	30,0/17,1	28,6/16,5	n.d.
Badajoz (Talavera)	38°53/190	n.d.	4,1	4,3	862	33,6/19,5	33,1/19,4	32,8/19,3	n.d.
Barcelona (Prat)	41°18/8	N/3,6	0,1	1,2	864	29,3/23,3	28,4/23,2	27,6/22,5	8,4
Bilbao (Sondica)	43°18/45	NW/5,7	-1,2	0,2	981	30,5/22,8	24,8/21,9	24,8/21,2	10,7
Burgos (Villafraja)	42°21/887	NE/4,8	-7,2	-5,6	2.384	30,8/19,3	29,2/18,6	27,3/18,0	13,9
Cáceres (Casco urbano)	39°29/459	W/3,6	0,5	1,5	1.026	36,3/18,9	35,2/18,7	33,8/18,0	13,6
Cádiz	36°32/10	n.d.	1,6	2,9	292	35,9/22,5	34,6/22,2	33,5/21,8	n.d.
Castellón	39°59/35	n.d.	0,2	1,9	523	31,8/22,5	30,7/22,2	29,8/21,9	n.d.
Ciudad Real (Instituto)	38°59/628	W/-	-4,7	-3,4	1.477	36,5/23	35,0/22,6	33,6/21,7	17,2
Córdoba (Aeropuerto)	37°53/65	SW/5,4	-1,2	-0,3	869	38,8/23,0	37,2/21,6	35,7/21,6	17,3
Cuenca	40°04/955	n.d.	-9,8	-7,7	1.825	34,2/20,2	32,6/19,7	31,3/19,3	n.d.
Gerona	41°59/70	n.d.	-3,6	-2,1	1.119	34,1/21,8	32,7/21,4	31,1/20,9	n.d.
Granada	37°09/708	n.d.	-4,4	-2,9	1.178	37,4/19,8	35,9/19,3	34,4/18,8	n.d.
Guadalajara	40°38/670	n.d.	-5,0	-3,4	1.448	34,2/19,4	33,0/19,1	31,8/18,7	n.d.
Huelva	37°16/26	n.d.	0,5	2,2	349	34,9/21,7	33,7/21,3	32,6/21,0	n.d.
Huesca (Monflorite)	42°06/436	n.d.	-5,6	-4,2	1.516	34,4/20,8	32,7/20,3	31,4/19,7	n.d.
Ibiza (Es Codola)	38°52/8	SW/5,2	5,1	6,5	468	31/23,2	29,9/23,2	29,1/23,2	8,5
Jaén	37°46/503	n.d.	-0,7	0,5	810	38,0/23,7	36,6/23,3	35,4/23	n.d.
Jerez (Base Aérea)	36°41/50	W/7,2	0,9	2,1	579	36,4/23,0	34,7/22,9	33,2/22,6	14
La Coruña (Observatorio)	43°22/54	M/5,2	3	3,8	930	24,9/19,1	23,2/18,7	22,0/18,0	6,5
Las Palmas (Gando)	27°56/10	N/6,7	12,1	12,7	1	29,5/22,0	27,8/21,7	26,5/21,1	5,9
León	42°35/913	n.d.	-8,8	-6,8	2.090	32,9/18,2	31,0/17,5	29,3/17	n.d.
Lérida	41°37/202	n.d.	-4,6	-3	1.269	35,8/20,6	34,3/20,2	32,7/19,7	n.d.
Logroño (Agoncillo)	42°27/345	W/4,4	-1,8	-0,6	1.506	33,7/20,9	31,7/20,2	29,8/19,4	12,5

Tabla 2.93. Temperatura de invierno y verano.



2.3.3 Información necesaria para los cálculos de calefacción y ACS.

Temperatura del agua de red y grados-día para la ciudad de Lleida (adaptable a la ciudad de Fraga), según “*Producció de l’energia tèrmica*” (Tabla 2.94.)

Granada ($\phi = 37.18$)	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T_a	6.5	8.1	11.1	13.5	16.3	21.9	25.5	25.1	21.5	15.8	11.1	7.2
DD	257.3	196.0	155.0	69.0	0	0	0	0	0	0	132.0	232.5
T_{XARXA}	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6
Guadalaj. ($\phi = 40.63$)	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T_a	8.1	10.4	14.7	17.9	21.5	26.7	31.5	30.5	25.9	18.6	12.1	8.5
DD	288.5	241.8	210.0	121.3	46.2	3.0	0	0	5.2	54.0	183.9	294.7
T_{XARXA}	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6
Huelva ($\phi = 37.25$)	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T_a	11.2	12.3	14.4	16.6	18.8	22.3	25.1	25.2	23.1	19.4	15.2	11.9
DD	91.8	60.3	48.1	16.1	2.3	0	0	0	0	1.3	25.8	99.8
T_{XARXA}	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8
Huesca ($\phi = 42.15$)	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T_a	4.3	6.1	9.7	12.4	15.9	19.9	22.8	22.5	19.3	14.1	8.9	5.4
DD	314.0	244.9	202.3	121.1	42.2	4.4	0	0.1	6.8	57.8	182.4	324.6
T_{XARXA}	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5
Jaén ($\phi = 37.77$)	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T_a	8.1	9.5	12.3	14.9	18.4	27.8	27.7	27.3	23.4	17.6	12.7	8.9
DD	188.0	146.0	119.0	54.0	17.0	0	0	0	0	16.0	91.0	179.0
T_{XARXA}	8	9	11	13	14	15	17	16	14	13	11	7
León ($\phi = 42.58$)	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T_a	2.8	4.2	7.6	9.9	12.5	17.2	19.7	19.5	16.6	11.8	7.0	3.6
DD	403.0	333.2	29.76	20.40	80.6	0	0	0	0	16.43	29.10	36.89
T_{XARXA}	4	5	7	9	10	11	12	11	10	9	7	4
Lleida ($\phi = 41.62$)	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T_a	4.9	7.2	11.4	14.6	18.3	21.9	24.8	24.6	21.6	15.5	9.5	5.7
DD	300.3	204.4	156.8	74.5	14.3	0.2	0	0	2.0	41.0	174.2	302.4
T_{XARXA}	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5
Logroño ($\phi = 42.45$)	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T_a	5.1	6.5	9.7	11.9	14.9	19.1	21.8	21.5	19.0	13.8	8.9	6.1
DD	288.1	230.3	203.5	143.3	50.7	8.2	0	0.3	14.3	93.1	190.0	284.6
T_{XARXA}	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6

Tabla 2.94. Temperatura del agua de red y grados-día.

Cargas Térmicas Totales máximas del edificio para cada mes del año, según el programa informático dpClima (Tabla 2.95.)

Cargas Térmicas Totales

Cargas Térmicas de Calefacción Máximas Sensibles

dpCLIMA

Empresa : UdL

Autor : Jorge Blanc Corti

Fecha : 08/03/2007

Edificio : Diseño de la instalación de calefacción y A.C.S.,

Edificio	Hora :	Mes :	C.sen. (W)	C.lat. (W)	C.total (W)
	7	ENE	-95012	-23396	-118408
	7	FEB	-86126	-23614	-119740
	6	MAR	-84597	-21262	-105859
	6	ABR	-80692	-14799	-75491
	5	MAY	-30527	-3073	-33600
	5	JUL	-17175	2277	-14898
	5	JUL	-8063	8162	2099
	6	AGO	-15881	2149	-13732
	6	SEP	-31126	-4881	-36007
	7	OCT	-49480	-11718	-61198
	7	NOV	-68079	-17154	-85233
	7	DIC	-84336	-21178	-105514

Tabla 2.95 Cargas Térmicas totales máximas mensuales en el edificio.

2.3.4 Información utilizada para los cálculos de la radiación solar incidente.

Radiación sobre una superficie horizontal e índice de nubulosidad en la ciudad de Lleida (adaptable a la ciudad de Fraga), según “*Producció de l’energia tèrmica*” (Tabla 2.96).

Huelva ($\phi = 37.25$)	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
\bar{H} (kJ /m ² -día)	7572	11858	15798	20796	24036	25632	26996	24840	20612	13088	8670	6684
\bar{K}_T	0.46	0.54	0.55	0.59	0.61	0.62	0.67	0.67	0.66	0.54	0.48	0.44
Huesca ($\phi = 42.15$)	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
\bar{H} (kJ /m ² -día)	6434	11472	14994	17614	20608	22330	23894	20734	15420	11370	6772	4966
\bar{K}_T	0.47	0.59	0.57	0.52	0.53	0.54	0.59	0.57	0.52	0.52	0.44	0.41
Jaén ($\phi = 37.77$)	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
\bar{H} (kJ /m ² -día)	62070	9906	14671	18057	20189	24411	26835	24285	19646	11620	7774	6311
\bar{K}_T	0.38	0.45	0.52	0.51	0.51	0.51	0.66	0.65	0.63	0.48	0.43	0.42
León ($\phi = 42.58$)	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
\bar{H} (kJ /m ² -día)	5600	10726	13652	17314	19144	23574	24820	21668	15406	10630	6972	4216
\bar{K}_T	0.42	0.56	0.52	0.51	0.49	0.57	0.61	0.60	0.53	0.49	0.44	0.35
Lleida ($\phi = 41.62$)	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
\bar{H} (kJ /m ² -día)	6078	12168	15592	19226	21954	24262	24638	21340	16740	11980	6302	4006
\bar{K}_T	0.44	0.62	0.58	0.56	0.53	0.58	0.61	0.59	0.57	0.54	0.40	0.32
Logroño ($\phi = 42.45$)	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
\bar{H} (kJ /m ² -día)	5986	9630	13606	18254	21228	23572	25224	21396	16538	11808	6740	5024
\bar{K}_T	0.45	0.50	0.52	0.54	0.54	0.57	0.62	0.59	0.56	0.54	0.45	0.42
Lugo ($\phi = 43.10$)	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
\bar{H} (kJ /m ² -día)	3868	7238	8590	13566	13836	16734	17034	15242	11302	9146	5342	3156
\bar{K}_T	0.30	0.39	0.33	0.40	0.35	0.40	0.42	0.42	0.39	0.43	0.36	0.27
Madrid ($\phi = 40.42$)	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
\bar{H} (kJ /m ² -día)	6362	9798	14150	19552	21184	23530	25874	22986	16118	10762	7326	6263
\bar{K}_T	0.43	0.48	0.52	0.57	0.54	0.57	0.64	0.63	0.54	0.47	0.45	0.47
Málaga ($\phi = 36.85$)	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
\bar{H} (kJ /m ² -día)	8204	11556	17708	18882	22818	24870	25916	22316	18546	13020	10134	6236
\bar{K}_T	0.49	0.52	0.62	0.53	0.58	0.60	0.64	0.60	0.59	0.53	0.55	0.40
Murcia ($\phi = 37.98$)	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
\bar{H} (kJ /m ² -día)	9546	11978	17208	11352	25288	25748	26922	23954	19050	13900	9670	7746
\bar{K}_T	0.59	0.55	0.61	0.61	0.64	0.62	0.67	0.64	0.62	0.58	0.54	0.53
Orense ($\phi = 42.33$)	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
\bar{H} (kJ /m ² -día)	2824	6790	14072	12094	8868	19184	16162	18176	12546	7158	5300	2440
\bar{K}_T	0.21	0.35	0.53	0.36	0.23	0.46	0.40	0.50	0.43	0.33	0.35	0.20
Oviedo ($\phi = 43.35$)	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
\bar{H} (kJ /m ² -día)	5360	7536	10426	12892	15280	16622	16204	14196	12100	8040	5610	4272
\bar{K}_T	0.41	0.40	0.40	0.38	0.39	0.49	0.40	0.40	0.42	0.38	0.38	0.37

Tabla 2.96. Radiación solar sobre una superficie horizontal e índice de nubulosidad.



2.3.5. Información utilizada para la selección del colector solar.

Temperatura media ambiente mensual y grados día, según “*Producció de l’energia tèrmica*” (Tabla 2.97).

Granada ($\phi = 37.18$)	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T_a	6.5	8.1	11.1	13.5	16.3	21.9	25.5	25.1	21.5	15.8	11.1	7.2
DD	257.3	196.0	155.0	69.0	0	0	0	0	0	0	132.0	232.5
T_{XARXA}	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6
Guadalaj. ($\phi = 40.63$)	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T_a	8.1	10.4	14.7	17.9	21.5	26.7	31.5	30.5	25.9	18.6	12.1	8.5
DD	288.5	241.8	210.0	121.3	46.2	3.0	0	0	5.2	54.0	183.9	294.7
T_{XARXA}	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6
Huelva ($\phi = 37.25$)	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T_a	11.2	12.3	14.4	16.6	18.8	22.3	25.1	25.2	23.1	19.4	15.2	11.9
DD	91.8	60.3	48.1	16.1	2.3	0	0	0	0	1.3	25.8	99.8
T_{XARXA}	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8
Huesca ($\phi = 42.15$)	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T_a	4.3	6.1	9.7	12.4	15.9	19.9	22.8	22.5	19.3	14.1	8.9	5.4
DD	314.0	244.9	202.3	121.1	42.2	4.4	0	0.1	6.8	57.8	182.4	324.6
T_{XARXA}	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5
Jaén ($\phi = 37.77$)	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T_a	8.1	9.5	12.3	14.9	18.4	27.8	27.7	27.3	23.4	17.6	12.7	8.9
DD	188.0	146.0	119.0	54.0	17.0	0	0	0	0	16.0	91.0	179.0
T_{XARXA}	8	9	11	13	14	15	17	16	14	13	11	7
León ($\phi = 42.58$)	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T_a	2.8	4.2	7.6	9.9	12.5	17.2	19.7	19.5	16.6	11.8	7.0	3.6
DD	403.0	333.2	29.76	20.40	80.6	0	0	0	0	16.43	29.10	36.89
T_{XARXA}	4	5	7	9	10	11	12	11	10	9	7	4
Lleida ($\phi = 41.62$)	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T_a	4.9	7.2	11.4	14.6	18.3	21.9	24.8	24.6	21.6	15.5	9.5	5.7
DD	300.3	204.4	156.8	74.5	14.3	0.2	0	0	2.0	41.0	174.2	302.4
T_{XARXA}	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5
Logroño ($\phi = 42.45$)	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T_a	5.1	6.5	9.7	11.9	14.9	19.1	21.8	21.5	19.0	13.8	8.9	6.1
DD	288.1	230.3	203.5	143.3	50.7	8.2	0	0.3	14.3	93.1	190.0	284.6
T_{XARXA}	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6

Tabla 2.97. Temperatura ambiente media mensual y grados día.

2.3.6. Información utilizada para los cálculos de la instalación solar.

Propiedades de las mezclas acuosas de propilegnicol, www.engineeringtoolbox.com (Figura 2.30.).

Freezing Point of Propylene Glycol based Water Solutions

Freezing Point								
Propylene Glycol Solution (% by mass)	0	10	20	30	40	50	60	
Temperature (°F)	32	26	18	7	-8	-29	-55	
Temperature (°C)	0	-3	-8	-14	-22	-34	-48	

Specific Gravity of Propylene Glycol Solutions

Specific Gravity - SG -								
Propylene Glycol Solution (% by mass)	0	10	20	30	40	50	60	
Specific Gravity - SG - ¹⁾	1.000	1.008	1.017	1.026	1.034	1.041	1.046	

¹⁾ Specific gravity based on propylene glycol solutions with temperature 60°F.

Boiling Points of Propylene Glycol Solutions

Boiling Point								
Propylene Glycol Solution (% by mass)	0	10	20	30	40	50	60	
Temperature (°F)	212	212	213	216	219	222	225	

- $T(^{\circ}\text{C}) = 5/9[T(^{\circ}\text{F}) - 32]$

Specific Heat Capacity of Propylene Glycol Solutions

Specific Heat Capacity								
Propylene Glycol Solution (% by mass)	0	10	20	30	40	50	60	
Specific Heat - c_p - (Btu/lb.°F)	1.000	0.980	0.960	0.935	0.895	0.850	0.805	

- $1 \text{ Btu}/(\text{lb}_m^{\circ}\text{F}) = 4,186.8 \text{ J}/(\text{kg K}) = 1 \text{ kcal}/(\text{kg}^{\circ}\text{C})$

Figura 2.30. Propiedades de las mezclas acuosas de propilegnicol.

Viscosidad de las mezclas de propilegnicol, según Lyondell (Figura 2.31).

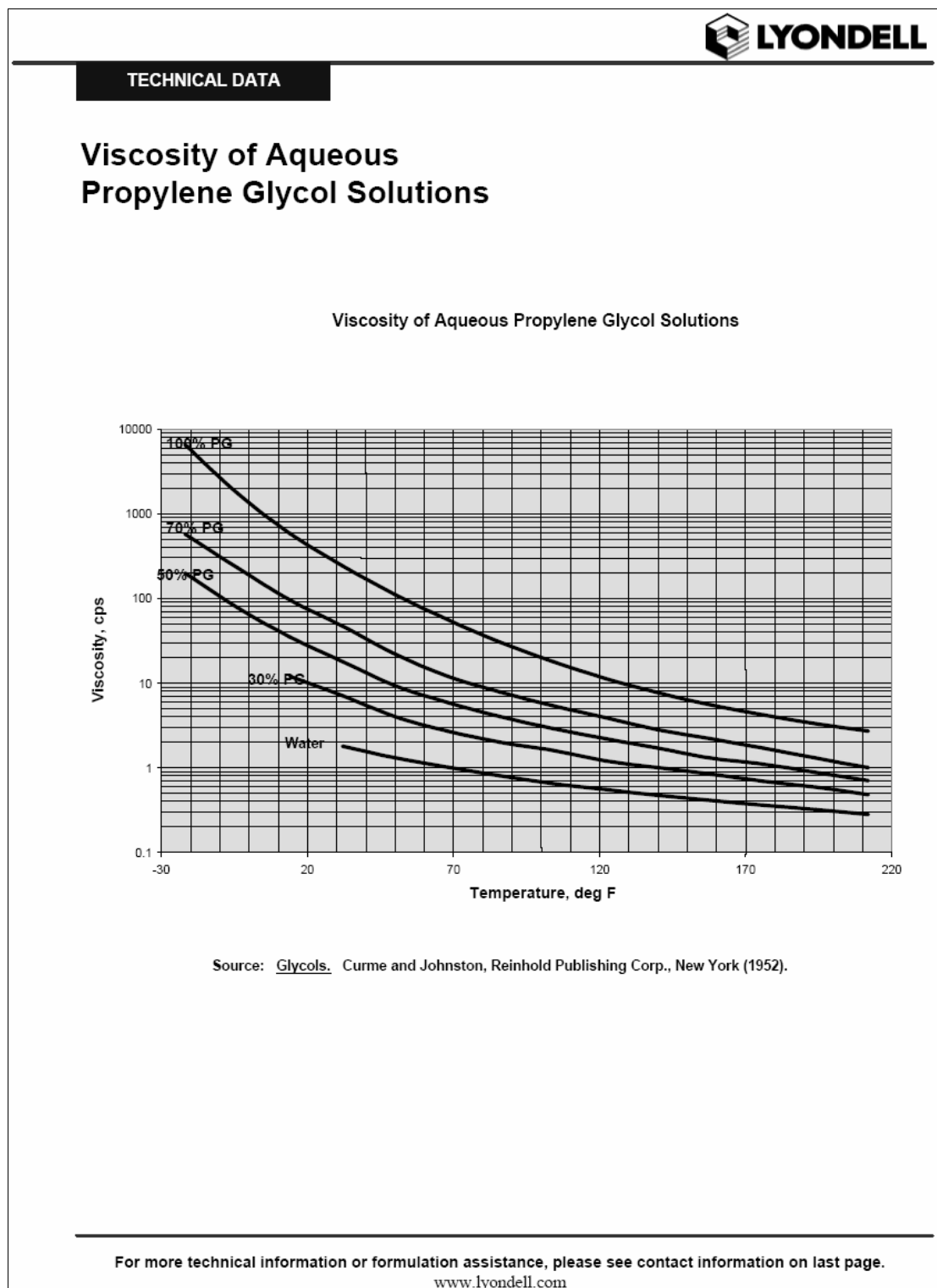


Figura 2.31. Viscosidad dinámica de las mezclas acuosas de propilegniclo.

2.3.7. Información utilizada para el cálculo de las pérdidas de carga.

Tabla de la longitud en metros de tramo recto de conducción, equivalente a las pérdidas de carga de diferentes accesorios, según “*Calefacción. Cálculo y diseño de la instalaciones*” (Tabla 2.98)





















Clase de resistencia aislada	Diámetros de las tuberías (mm)														
		3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	5"	6"		
		10	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150		
Manguito de unión		0,00	0,00	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,09	0,12	0,15	0,20	0,25		
Cono de reducción		0,20	0,30	0,50	0,65	0,85	1,00	1,30	2,00	2,30	3,00	4,00	5,00		
Codo o curva de 45°		0,20	0,34	0,43	0,47	0,56	0,70	0,83	1,00	1,18	1,25	1,45	1,63		
Curvas de 90°		0,18	0,33	0,45	0,60	0,84	0,96	1,27	1,48	1,54	1,97	2,61	3,43		
Codo de 90°		0,38	0,50	0,63	0,76	1,01	1,32	1,71	1,94	2,01	2,21	2,94	3,99		
"Te" de 45°		1,02	0,84	0,90	0,96	1,20	1,50	1,80	2,10	2,40	2,70	3,00	3,30		
"te" arqueada o de curvas															
"pantalones"		1,50	1,68	1,80	1,92	2,40	3,00	3,60	4,20	4,80	5,40	6,00	6,60		
"Te" confluencia de ramal															
"paso recto"		0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	1,20		
"Te" derivación a ramal		1,80	2,50	3,00	3,60	4,10	4,60	5,00	5,50	6,20	6,90	7,70	8,90		
Válvula de retención de batiente ..		0,20	0,30	0,55	0,75	1,15	1,50	1,90	2,65	3,40	4,85	6,60	8,30		
De pistón		1,33	1,70	2,32	2,85	3,72	4,67	5,75	6,91	8,40	11,1	12,8	15,4		
Válvula de compuerta abierta		0,14	0,18	0,21	0,26	0,36	0,44	0,55	0,69	0,81	1,09	1,44	1,70		
Válvula de paso recto y asiento															
inclinado		1,10	1,34	1,74	2,28	2,89	3,46	4,53	5,51	6,69	8,80	10,8	13,1		
Válvula de escuadra o ángulo															
(abierto)		1,90	2,55	3,35	4,30	5,60	6,85	8,60	1,1	13,7	17,1	21,2	25,5		
Válvula de asiento de paso recto ..		—	3,40	3,60	4,50	5,65	8,10	9,00	—	—	—	—	—		
Radiador		2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,75	6,50	7,00	7,50	8,00	10,00		
Radiador con valvulería		3,75	4,40	5,25	6,00	6,75	7,50	8,80	10,10	11,40	12,70	14,00	15,00		
Caldera		2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,75	6,50	7,00	7,50	8,00	10,00		
Caldera con valvulería		3,00	4,20	4,90	5,60	6,30	7,00	8,00	8,75	9,59	10,00	11,00	12,00		
Contador		general				4,5 m.c.d.a.									
		individual o divisionario				10 m.c.d.a.									

Tabla 2.98. Tabla de las pérdidas en accesorios y válvulas.



Jorge Blanc Corti



Dimensiones de los conductos de cobre, “ASHRAE 2000 HVAC Systems and Equipment Handbook” (Tabla 2.99)

Table 3 Copper Tube Data

Nominal Diameter, in.	Type	Wall Thick- ness t, in.	Diameter		Surface Area		Cross Section		Weight		Working Pres- sure ^{a,b,c} ASTM B88 to 250°F	
			Outside D, in.	Inside d, in.	Outside, ft ² /ft	Inside, ft ² / ft	Metal Area, in ²	Flow Area, in ²	Tube, lb/ft	Water, lb/ft	Annealed, psig	Drawn, psig
1/4	K	0.035	0.375	0.305	0.098	0.080	0.037	0.073	0.145	0.032	851	1596
	L	0.030	0.375	0.315	0.098	0.082	0.033	0.078	0.126	0.034	730	1368
3/8	K	0.049	0.500	0.402	0.131	0.105	0.069	0.127	0.269	0.055	894	1676
	L	0.035	0.500	0.430	0.131	0.113	0.051	0.145	0.198	0.063	638	1197
1/2	M	0.025	0.500	0.450	0.131	0.118	0.037	0.159	0.145	0.069	456	855
	K	0.049	0.625	0.527	0.164	0.138	0.089	0.218	0.344	0.094	715	1341
	L	0.040	0.625	0.545	0.164	0.143	0.074	0.233	0.285	0.101	584	1094
	M	0.028	0.625	0.569	0.164	0.149	0.053	0.254	0.203	0.110	409	766
5/8	K	0.049	0.750	0.652	0.196	0.171	0.108	0.334	0.418	0.144	596	1117
	L	0.042	0.750	0.666	0.196	0.174	0.093	0.348	0.362	0.151	511	958
3/4	K	0.065	0.875	0.745	0.229	0.195	0.165	0.436	0.641	0.189	677	1270
	L	0.045	0.875	0.785	0.229	0.206	0.117	0.484	0.455	0.209	469	879
1	M	0.032	0.875	0.811	0.229	0.212	0.085	0.517	0.328	0.224	334	625
	K	0.065	1.125	0.995	0.295	0.260	0.216	0.778	0.839	0.336	527	988
	L	0.050	1.125	1.025	0.295	0.268	0.169	0.825	0.654	0.357	405	760
	M	0.035	1.125	1.055	0.295	0.276	0.120	0.874	0.464	0.378	284	532
1-1/4	K	0.065	1.375	1.245	0.360	0.326	0.268	1.217	1.037	0.527	431	808
	L	0.055	1.375	1.265	0.360	0.331	0.228	1.257	0.884	0.544	365	684
1-1/2	M	0.042	1.375	1.291	0.360	0.338	0.176	1.309	0.682	0.566	279	522
	DWV	0.040	1.375	1.295	0.360	0.339	0.168	1.317	0.650	0.570	265	497
	K	0.072	1.625	1.481	0.425	0.388	0.351	1.723	1.361	0.745	404	758
	L	0.060	1.625	1.505	0.425	0.394	0.295	1.779	1.143	0.770	337	631
2	M	0.049	1.625	1.527	0.425	0.400	0.243	1.831	0.940	0.792	275	516
	DWV	0.042	1.625	1.541	0.425	0.403	0.209	1.865	0.809	0.807	236	442
2-1/2	K	0.083	2.125	1.959	0.556	0.513	0.532	3.014	2.063	1.304	356	668
	L	0.070	2.125	1.985	0.556	0.520	0.452	3.095	1.751	1.339	300	573
	M	0.058	2.125	2.009	0.556	0.526	0.377	3.170	1.459	1.372	249	467
	DWV	0.042	2.125	2.041	0.556	0.534	0.275	3.272	1.065	1.416	180	338
3	K	0.095	2.625	2.435	0.687	0.637	0.755	4.657	2.926	2.015	330	619
	L	0.080	2.625	2.465	0.687	0.645	0.640	4.772	2.479	2.065	278	521
	M	0.065	2.625	2.495	0.687	0.653	0.523	4.889	2.026	2.116	226	423
	DWV	0.045	2.625	2.505	0.687	0.653	0.435	4.934	1.687	2.130	131	246
3-1/2	K	0.109	3.125	2.907	0.818	0.761	1.033	6.637	4.002	2.872	318	596
	L	0.090	3.125	2.945	0.818	0.771	0.858	6.812	3.325	2.947	263	492
	M	0.072	3.125	2.981	0.818	0.780	0.691	6.979	2.676	3.020	210	394
	DWV	0.045	3.125	3.035	0.818	0.795	0.435	7.234	1.687	3.130	131	246
4	K	0.120	3.625	3.385	0.949	0.886	1.321	8.999	5.120	3.894	302	566
	L	0.100	3.625	3.425	0.949	0.897	1.107	9.213	4.291	3.987	252	472
	M	0.083	3.625	3.459	0.949	0.906	0.924	9.397	3.579	4.066	209	392
	DWV	0.058	3.625	3.489	0.949	0.906	0.741	9.623	2.872	4.128	128	240
5	K	0.134	4.125	3.857	1.080	1.010	1.680	11.684	6.510	5.056	296	555
	L	0.110	4.125	3.905	1.080	1.022	1.387	11.977	5.377	5.182	243	456
	M	0.095	4.125	3.935	1.080	1.030	1.203	12.161	4.661	5.262	210	394
	DWV	0.058	4.125	4.009	1.080	1.050	0.741	12.623	2.872	5.462	128	240
6	K	0.160	5.125	4.805	1.342	1.258	2.496	18.133	9.671	7.846	285	534
	L	0.125	5.125	4.875	1.342	1.276	1.963	18.665	7.609	8.077	222	417
	M	0.109	5.125	4.907	1.342	1.285	1.718	18.911	6.656	8.183	194	364
	DWV	0.072	5.125	4.981	1.342	1.304	1.143	19.486	4.429	8.432	128	240
8	K	0.192	6.125	5.741	1.603	1.503	3.579	25.886	13.867	11.201	286	536
	L	0.140	6.125	5.845	1.603	1.530	2.632	26.832	10.200	11.610	208	391
	M	0.122	6.125	5.881	1.603	1.540	2.301	27.164	8.916	11.754	182	341
	DWV	0.083	6.125	5.959	1.603	1.560	1.575	27.889	6.105	12.068	124	232
10	K	0.271	8.125	7.583	2.127	1.985	6.687	45.162	25.911	19.542	304	570
	L	0.200	8.125	7.725	2.127	2.022	4.979	46.869	19.295	20.280	224	421
	M	0.170	8.125	7.785	2.127	2.038	4.249	47.600	16.463	20.597	191	358
	DWV	0.109	8.125	7.907	2.127	2.070	2.745	49.104	10.637	21.247	122	229
12	K	0.338	10.125	9.449	2.651	2.474	10.392	70.123	40.271	30.342	304	571
	L	0.250	10.125	9.625	2.651	2.520	7.756	72.760	30.054	31.483	225	422
	M	0.212	10.125	9.701	2.651	2.540	6.602	73.913	25.584	31.982	191	358
	DWV	0.405	12.125	11.315	3.174	2.962	14.912	100.554	57.784	43.510	305	571
14	K	0.280	12.125	11.565	3.174	3.028	10.419	105.046	40.375	45.454	211	395
	L	0.254	12.125	11.617	3.174	3.041	9.473	105.993	36.706	45.863	191	358

^aWhen using soldered or brazed fittings, the joint determines the limiting pressure. ^bIf soldered or brazed fittings are used on hard drawn tubing, use the annealed ratings. Full-tube allowable pressures can be used with suitably rated flare or compression-type fittings.

^cWorking pressures were calculated using ASME Standard B31.9 allowable stresses. A 5% mill tolerance has been used on the wall thickness. Higher tube ratings can be calculated using the allowable stress for lower temperatures.

Tabla 2.99. Dimensiones de los conductos de cobre.

Propiedades del agua a diferentes temperaturas, según www.engineeringtoolbox.com (Tabla 2.100)

Temperature - t - (°C)	Density - ρ - (kg/m ³)	Specific Weight - γ - (kN/m ³)	Dynamic Viscosity - μ 10 ⁻³ (N.s/m ²)	Kinematic Viscosity - ν 10 ⁻⁶ (m ² /s)
0	999.9	9.806	1.787	1.787
5	1000	9.807	1.519	1.519
10	999.7	9.804	1.307	1.307
20	998.2	9.789	1.002	1.004
30	995.7	9.765	0.798	0.801
40	992.2	9.731	0.653	0.658
50	988.1	9.690	0.547	0.553
60	983.2	9.642	0.467	0.475
70	977.8	9.589	0.404	0.413
80	971.8	9.530	0.355	0.365
90	965.3	9.467	0.315	0.326
100	958.4	9.399	0.282	0.294

Tabla 2.100. Propiedades del agua a diferentes temperaturas.

2.3.8. Información utilizada para el cálculo del vaso de expansión.

Coefficiente de dilatación volumétrica del agua, “*Calefacción. Cálculo y diseño de la instalaciones*” (Tabla 2.101)

Líquido	β (°C ⁻¹)	
Aceite combustible	0,70	10 ⁻³
Aceite de oliva	0,75	10 ⁻³
Aceite mineral	0,75 a 0,95	10 ⁻³
Agua	0,21	10 ⁻³
Alcohol etílico	1,09	10 ⁻³
Eter etílico	1,62	10 ⁻³
Refrigerante 12	2,59	10 ⁻³
Glicerina	0,50	10 ⁻³
Mercurio	0,181	10 ⁻³
Petróleo	0,92 a 1	10 ⁻³

Tabla 2.101. Coeficiente de dilatación volumétrica de diversos líquidos.





3. PLANOS

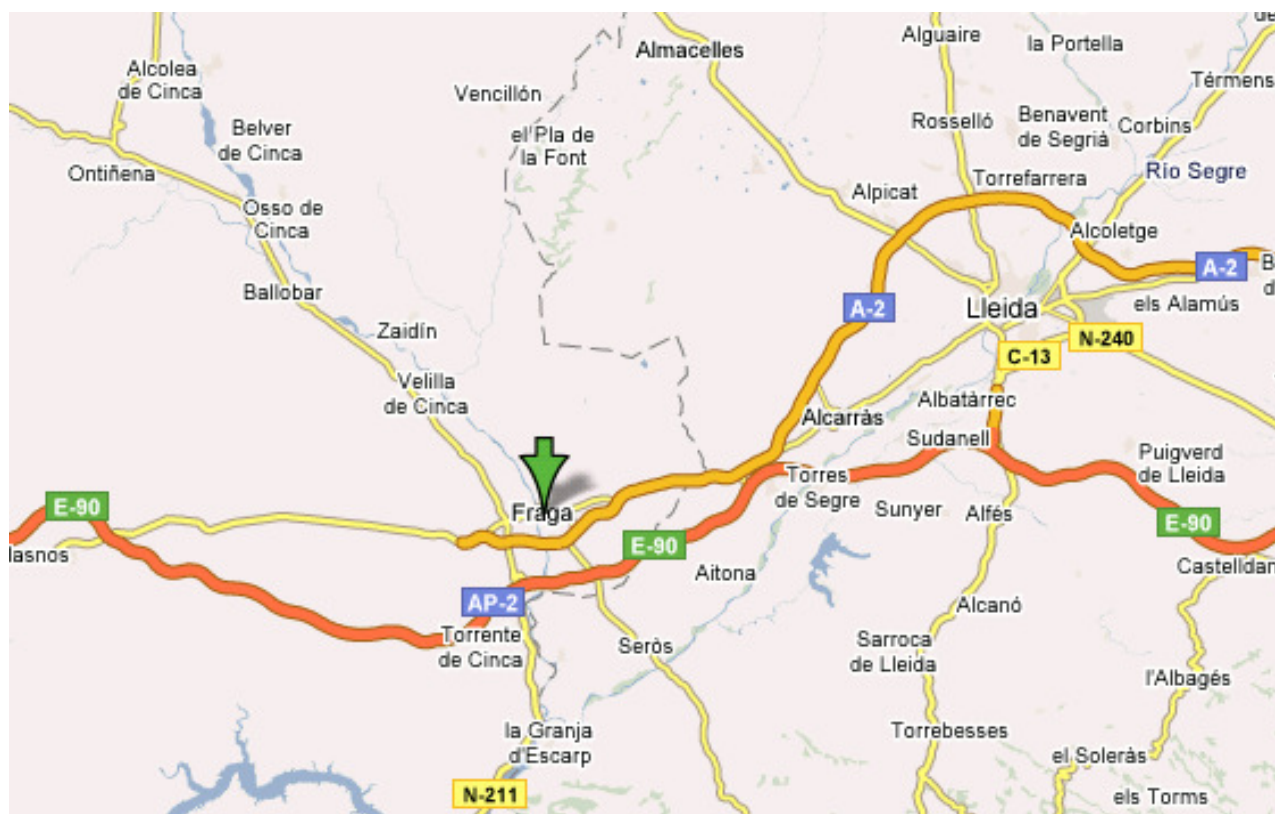


ÍNDICE DE LOS PLANOS

3. PLANOS..... 252

ÍNDICE DE LOS PLANOS..... 253

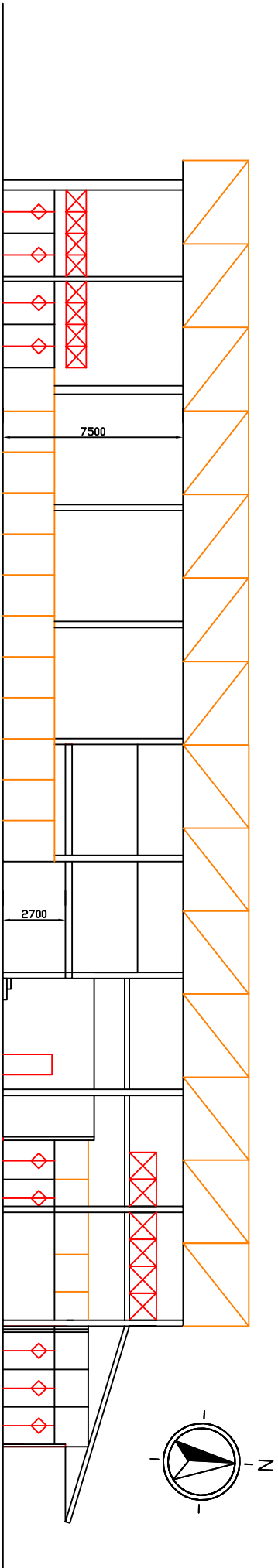
Plano nº 1: Plano de Situación .	254
Plano nº 2: Secciones Interiores del Edificio.	255
Plano nº 3: Planta General, Distribución y Superficies.	256
Plano nº 4: Primera Planta, Distribución y Superficies.	257
Plano nº 5: Planta Sótano, Distribución y Superficies.	258
Plano nº 6: Planta General, Cotas.	259
Plano nº 7: Detalle zona Aseos.	260
Plano nº 8: Primera Planta, Cotas.	261
Plano nº 9: Planta Sótano, Cotas.	262
Plano nº 10: Diagrama de Proceso.	263
Plano nº 11: Diagramas zona 1 y 2.	264
Plano nº 12: Diagramas zonas 3 y 4.	265
Plano nº 13: Distribución de tramos de la zona 1.	266
Plano nº 14: Distribución de tramos de la zona 4.	267
Plano nº 15: Vista aérea colocación colectores.	268
Plano nº 16: Distribución Aerotermos, Planta General.	269
Plano nº 17: Distribución Aerotermos, Primera Planta.	270
Plano nº 18: Distribución Aerotermos, Planta Sótano.	271
Plano nº 19: Distribución Acumuladores.	272



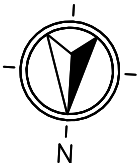
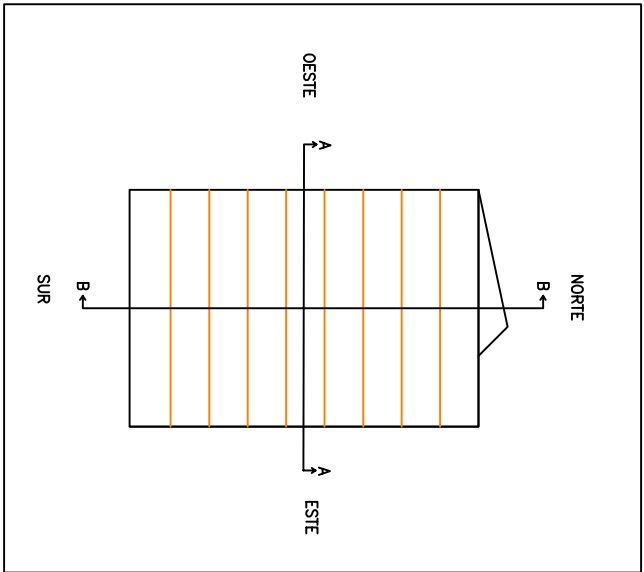
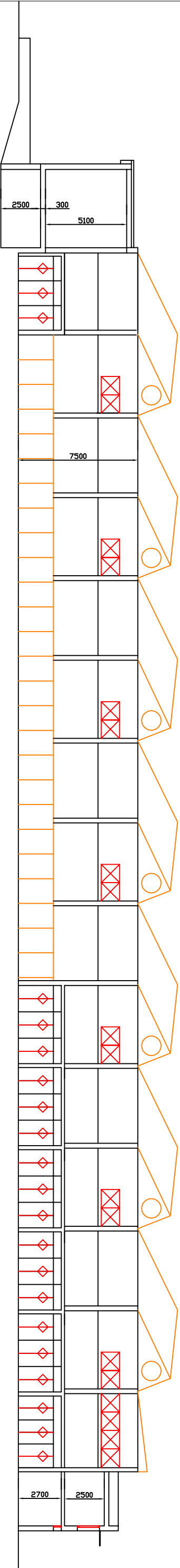
NOTA: La flecha verde indica la situación de Fraga.
El polideportivo está situado en el camino Masalcoreig,
esplanadadel Sotet de esta localidad.

	NOMBRE	FECHA	Universitat de Lleida - Escola Politècnica Superior "Diseño de la Instalación de calefacción y A.C.S., mediante energía solar térmica, en un polideportivo de Fraga"
DIBUJADO	Jorge Blanc	7/5/2008	
COMPROVADO	Lluisa F. Cabezas	10/5/2008	
Escala: 1:400.000	Plano de Situación		Nº: 1/19

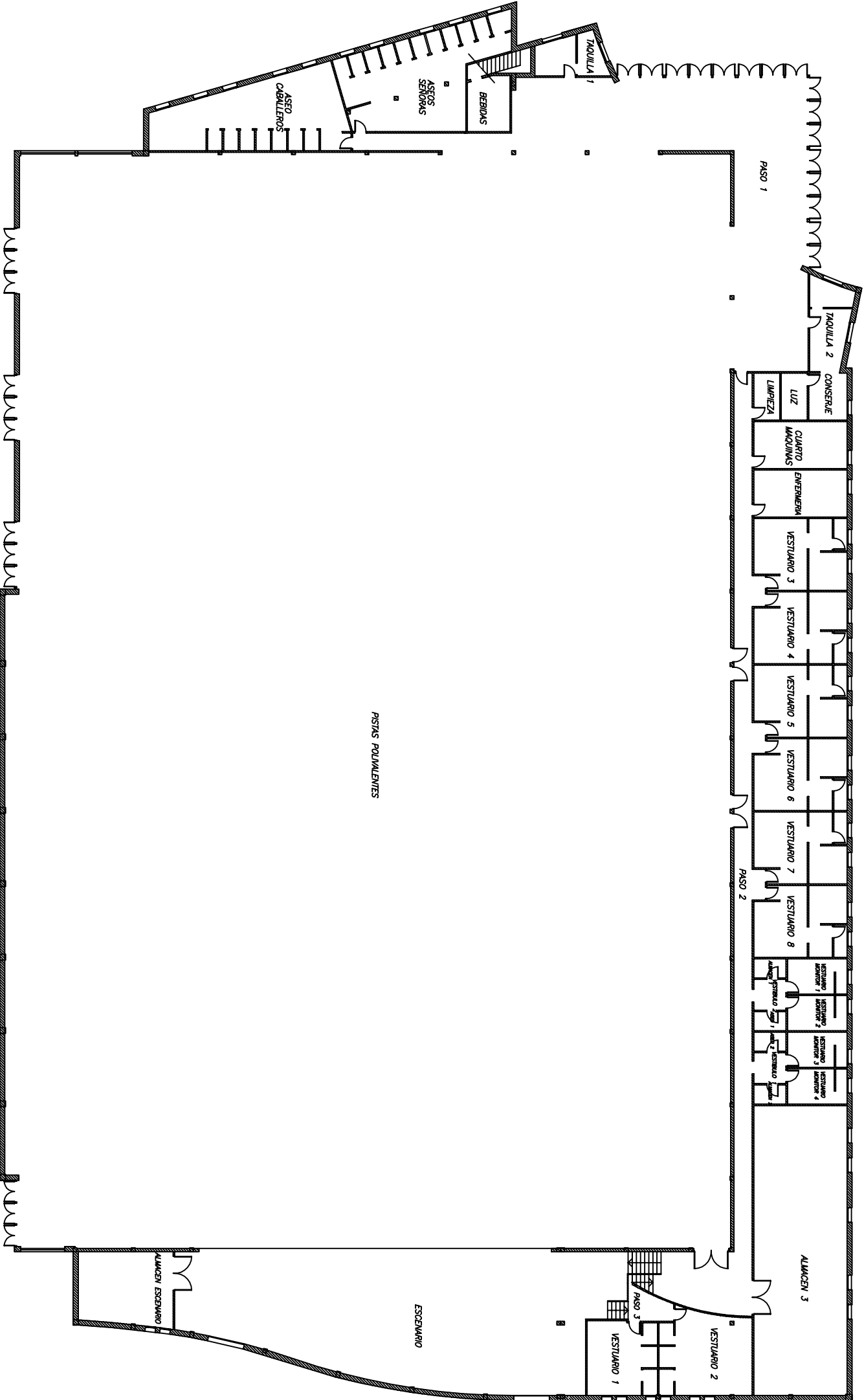
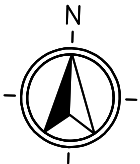
Sección A–A (fachada norte)



Sección B–B (fachada oeste)

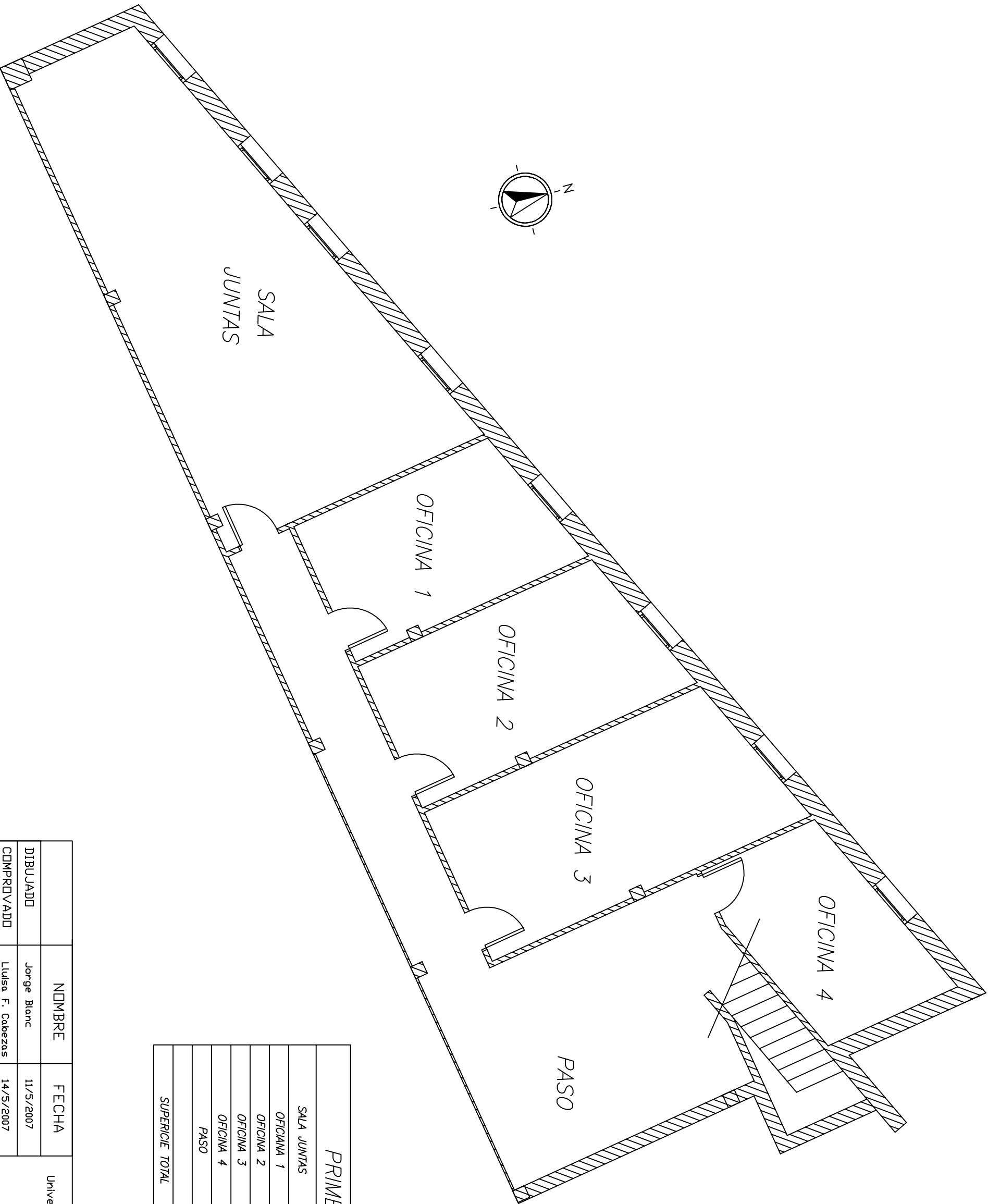


	NOMBRE		FECHA	Universitat de Lleida – Escola Politècnica Superior "Diseño de la instalación de calefacción y A.C.S., mediante energía solar térmica, en un polideportivo de Fraga"
DIBUJADO	Jorge Blanc		11/5/2007	
COMPROVADO	Lluisa F. Cabezas		14/5/2007	
Escala: 1:250	Secciones interiores del edificio.			Nº: 2/19



PLANTA GENERAL	
PISTAS POLIVALENTES	3715,56 M2
ASEOS CABALLEROS	57,22 M2
ASEOS SEÑORAS	45,91 M2
BEBIDAS	12,51 M2
TAQUILLA 1	16,44 M2
PASO 1	197,44 M2
TAQUILLA 2	16,44 M2
LIMPEZA	5,7 M2
LUZ	5,66 M2
CONSERVE	8,32 M2
CUARTO MAQUINAS	20,32 M2
ENFERMERIA	20,32 M2
VESTUARIO 3	28,27 M2
VESTUARIO 4	28,27 M2
VESTUARIO 5	27,86 M2
VESTUARIO 6	27,86 M2
VESTUARIO 7	28,27 M2
VESTUARIO 8	28,27 M2
VESTUARIO MONITOR 1	9,72 M2
VESTUARIO MONITOR 2	9,72 M2
ALMACEN 1	2,86 M2
ASEO 1	2,86 M2
VESTIBULO	4,62 M2
VESTUARIO MONITOR 3	9,72 M2
VESTUARIO MONITOR 4	9,72 M2
ALMACEN 2	2,86 M2
ASEO 2	2,86 M2
VESTIBULO	4,62 M2
PASO 2	77,20 M2
ALMACEN 3	105,00 M2
VESTUARIO 1	22,15 M2
VESTUARIO 2	30,33 M2
PASO 3	5,77 M2
ESCENARIO	244,06 M2
ALMACEN ESCENARIO	32,80 M2
SUPERFICIE UTIL. TOTAL	4856,40 M2

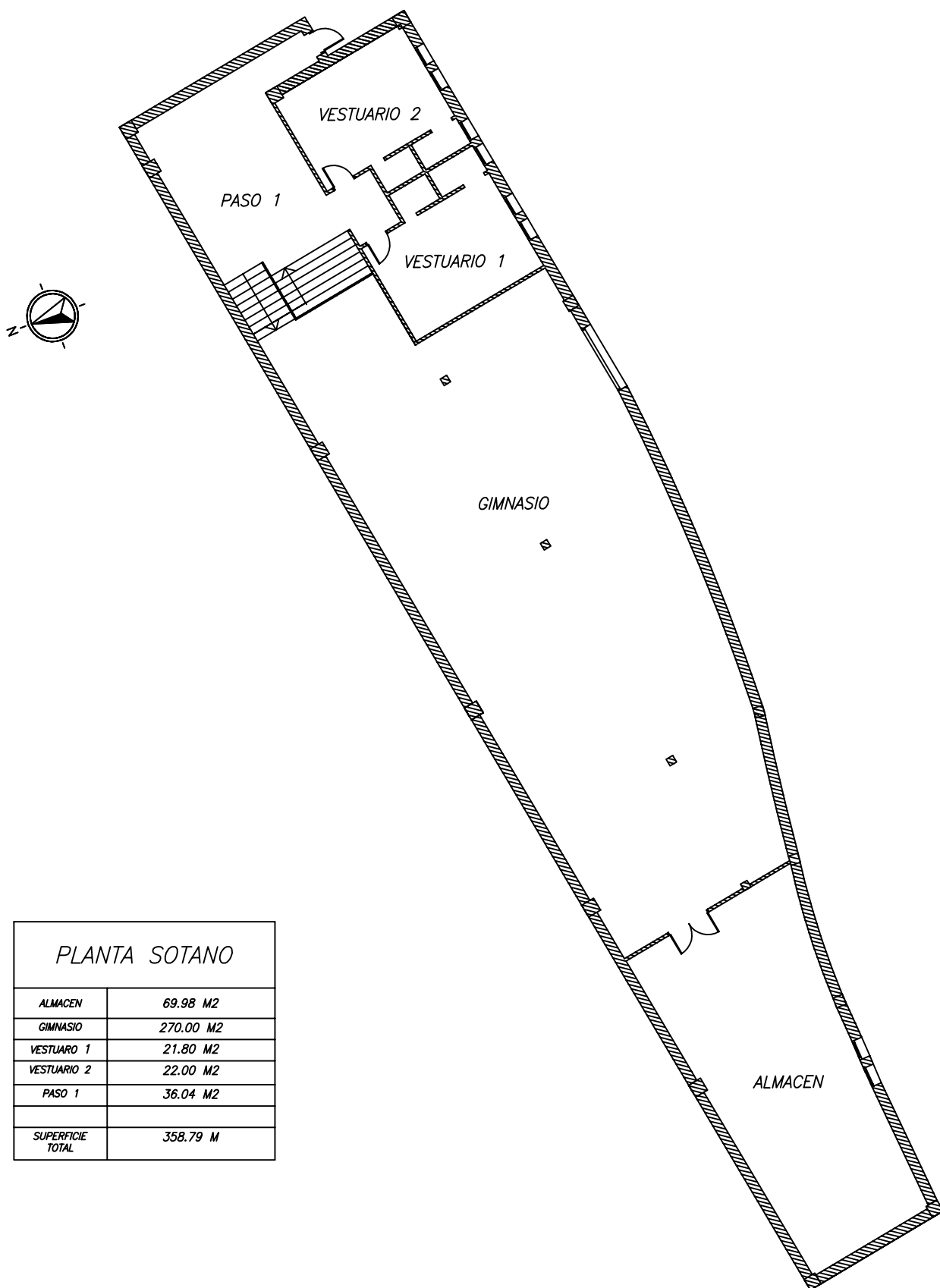
	NOMBRE	FECHA	Universitat de Lleida – Escola Politècnica Superior Diseño de la instalación de calefacción y ACS, mediante energía solar térmica, en un polideportivo de Fraga.
DIBUJADO	Jorge Blanc	11/5/2007	
COMPROVADO	Luisa F. Cabezas	14/5/2007	
Escala 1:300	Planta General, Distribución y superficies.		Nº: 3/19



PRIMERA PLANTA	
SALA JUNTAS	41.30 M2
OFICINA 1	14.84 M2
OFICINA 2	18.38 M2
OFICINA 3	22.55 M2
OFICINA 4	12.18 M2
PASO	34.88M2
SUPERFICIE TOTAL	144.13 M2

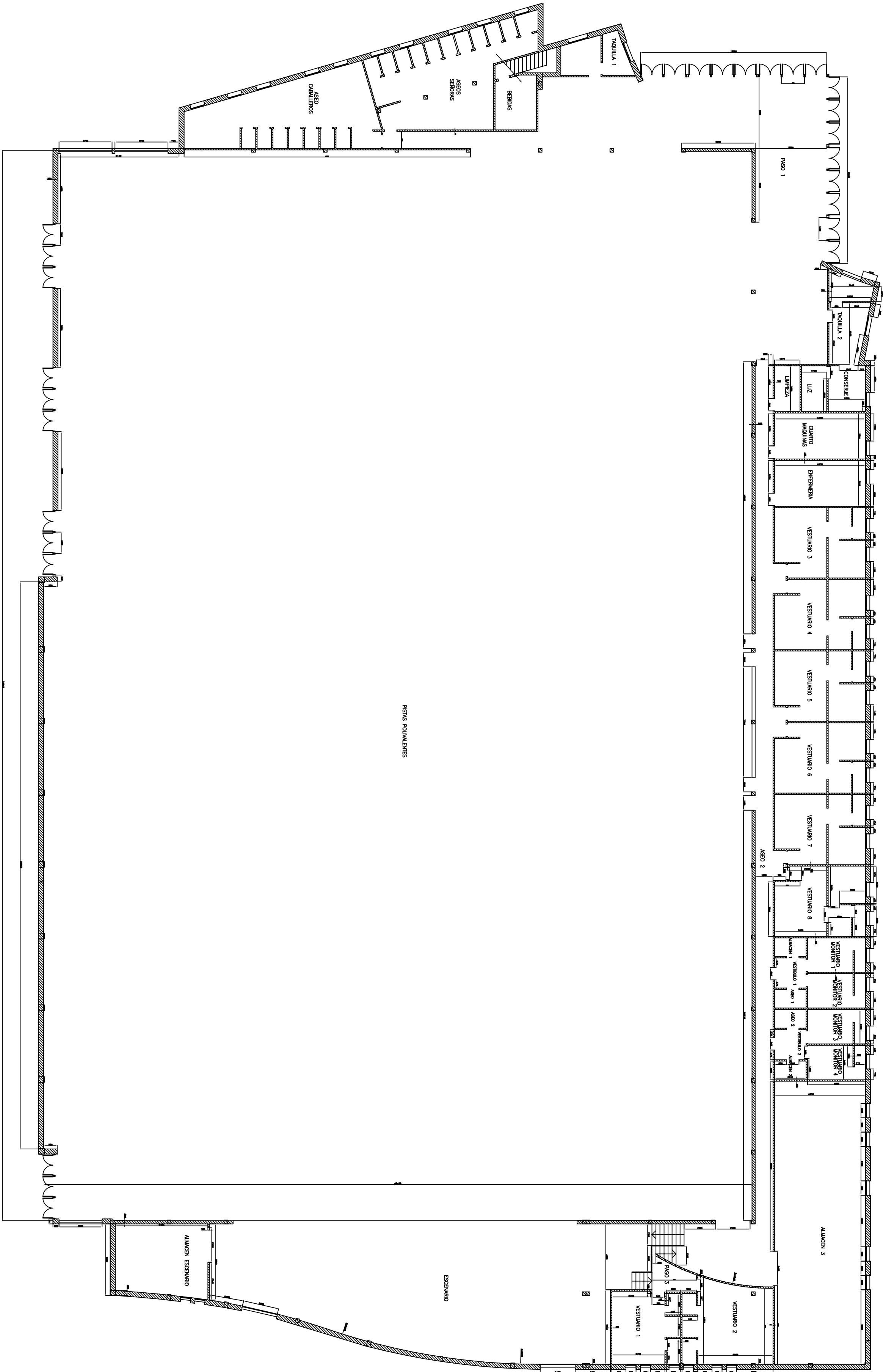
	NOMBRE	FECHA	Universitat de Lleida – Escola Politècnica Superior "Diseño de la instalación de calefacción y ACS,, mediante energía solar térmica, en un polideportivo de Fraga"
DIBUJADO	Jorge Blanc	11/5/2007	
COMPROVADO	Luisa F. Cabezas	14/5/2007	

Escala:	Primera Planta, Distribución y Superficies.	Nº:
1:125		4/19

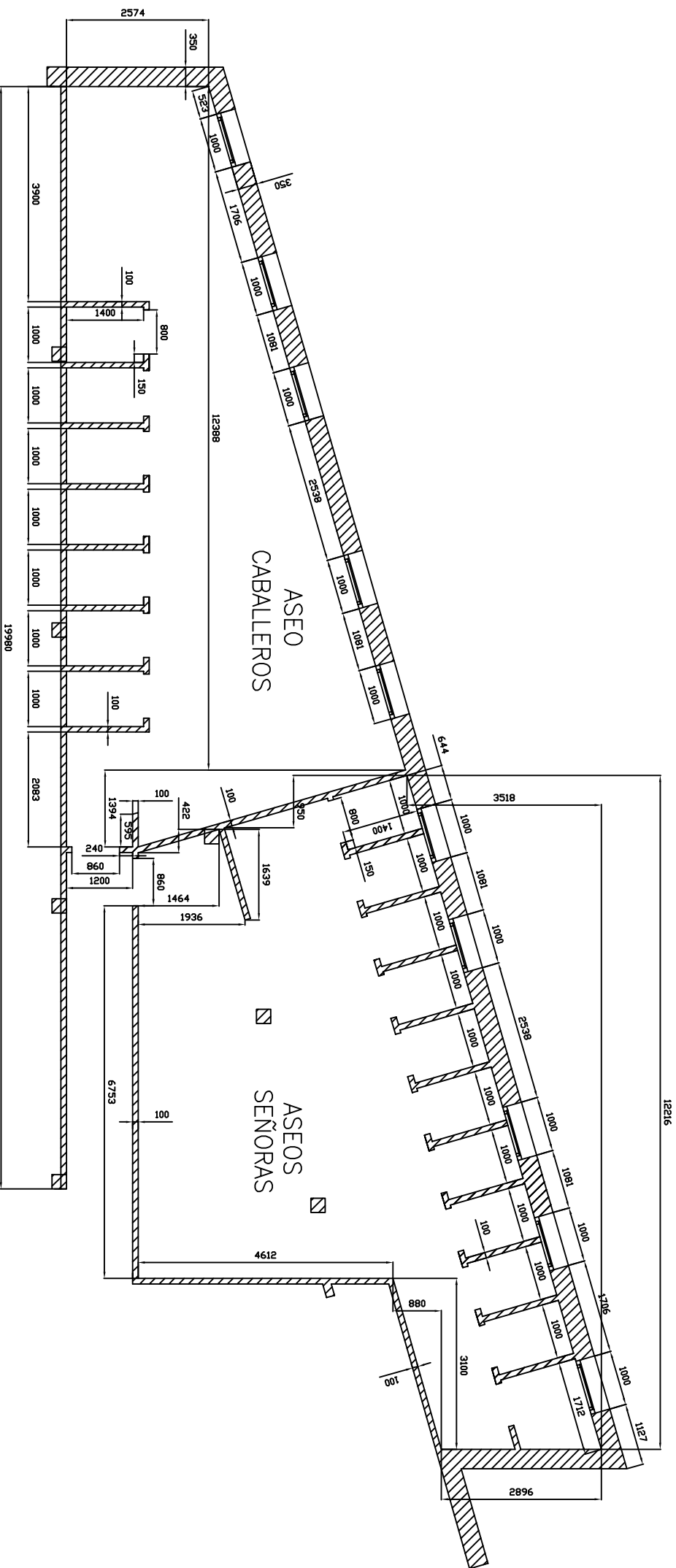


PLANTA SOTANO	
ALMACEN	69.98 M2
GIMNASIO	270.00 M2
VESTUARIO 1	21.80 M2
VESTUARIO 2	22.00 M2
PASO 1	36.04 M2
SUPERFICIE TOTAL	358.79 M

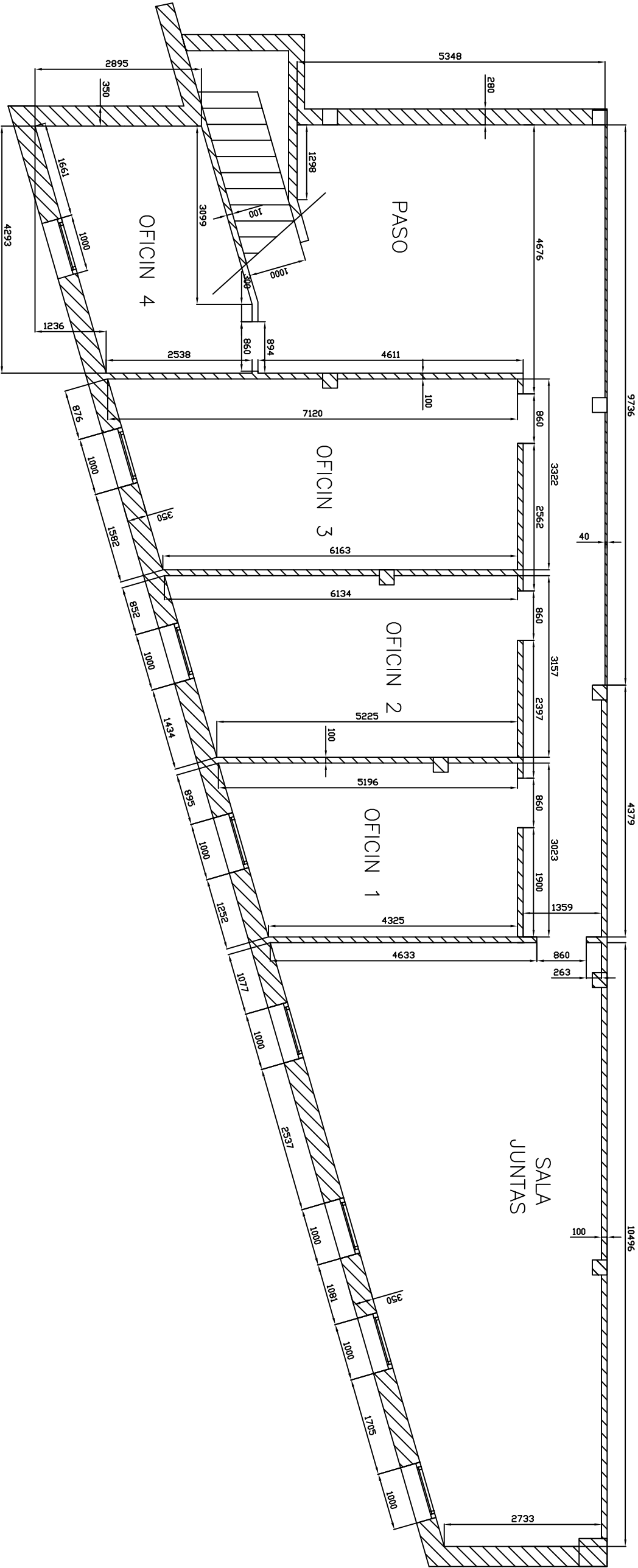
	NOMBRE	FECHA	Universitat de Lleida - Escola Politècnica Superior "Diseño de la instalación de calefacción y A.C.S., mediante energía solar térmica, en un polideportivo de Fraga"
DIBUJADO	Jorge Blanc	11/5/2007	
COMPROVADO	Lluïsa F. Cabezas	14/5/2007	
Escala: 1:200	Planta Sotano, Distribución y Superficies.		Nº: 5/19



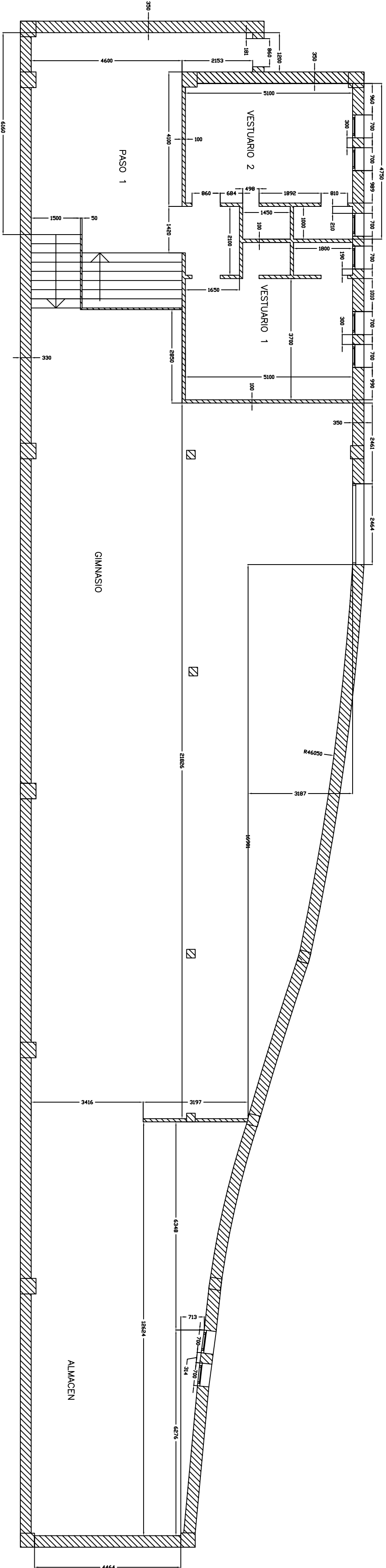
	NOMBRE	FECHA	Universidad de Lleida – Escola Politècnica Superior "Diseño de la instalación de calefacción y ACS, mediante energía solar térmica, en un polideportivo de Fraga"
	DIBUJADO	Jorge Blanc	
	COMPROVADO	Lluisa F. Cabezas	
Escala:	1:500		
	Planta General, Cotas		
			Nº1
			6/19



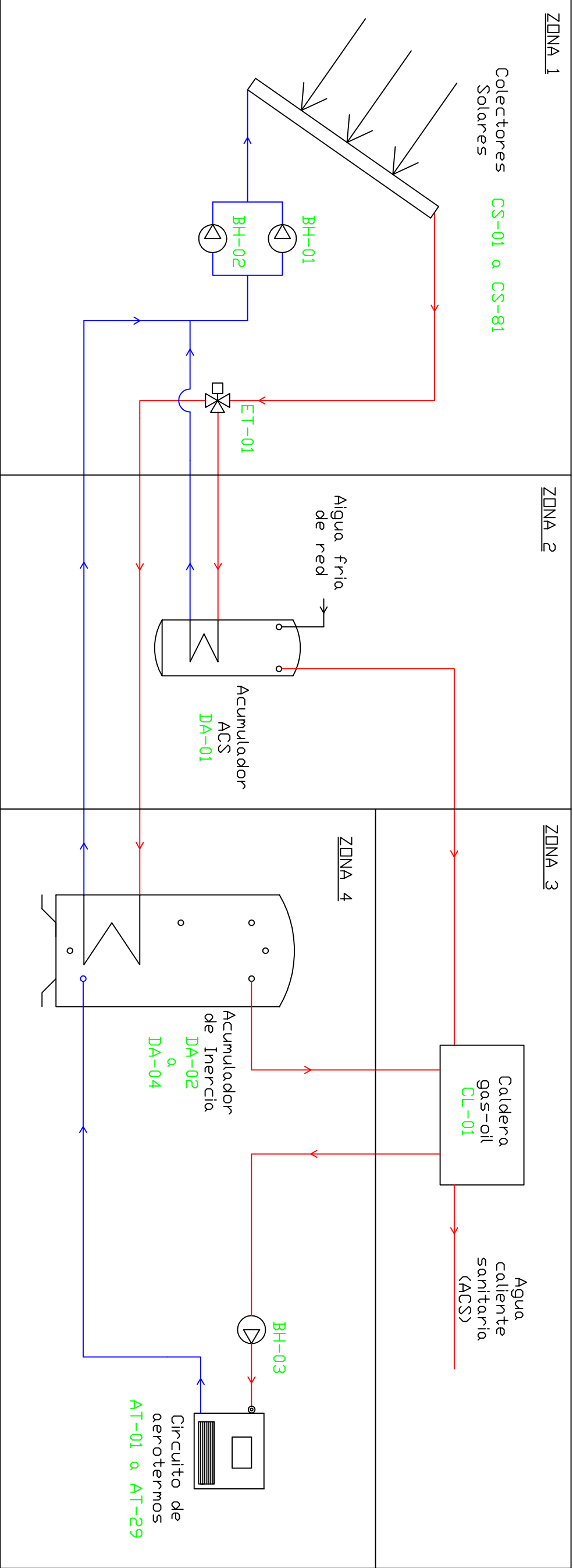
	NOMBRE	FECHA	Universitat de Lleida - Escola Politècnica Superior "Diseño de la instalación de calefacción y A.C.S.", mediante energía solar térmica, en un polideportivo de Fraga"	
DIBUJADO	Jorge Blanc	28/5/2007		
COMPROVADO	Luisa F. Cabezas	1/6/2007		
Escala: 1:100	Detalle Aseos			Nº: 7/19



	NOMBRE	FECHA	Universitat de Lleida - Escola Politècnica Superior "Diseño de la instalación de calefacción y A.C.S.", mediante energía solar térmica, en un polideportivo de Fraga"	
	DIBUJADO	Jorge Blanc		
	COMPROVADO	Luisa F. Cabezas		
Escala:				Nº:
1:125	Primera Planta, Cotas.			8/19

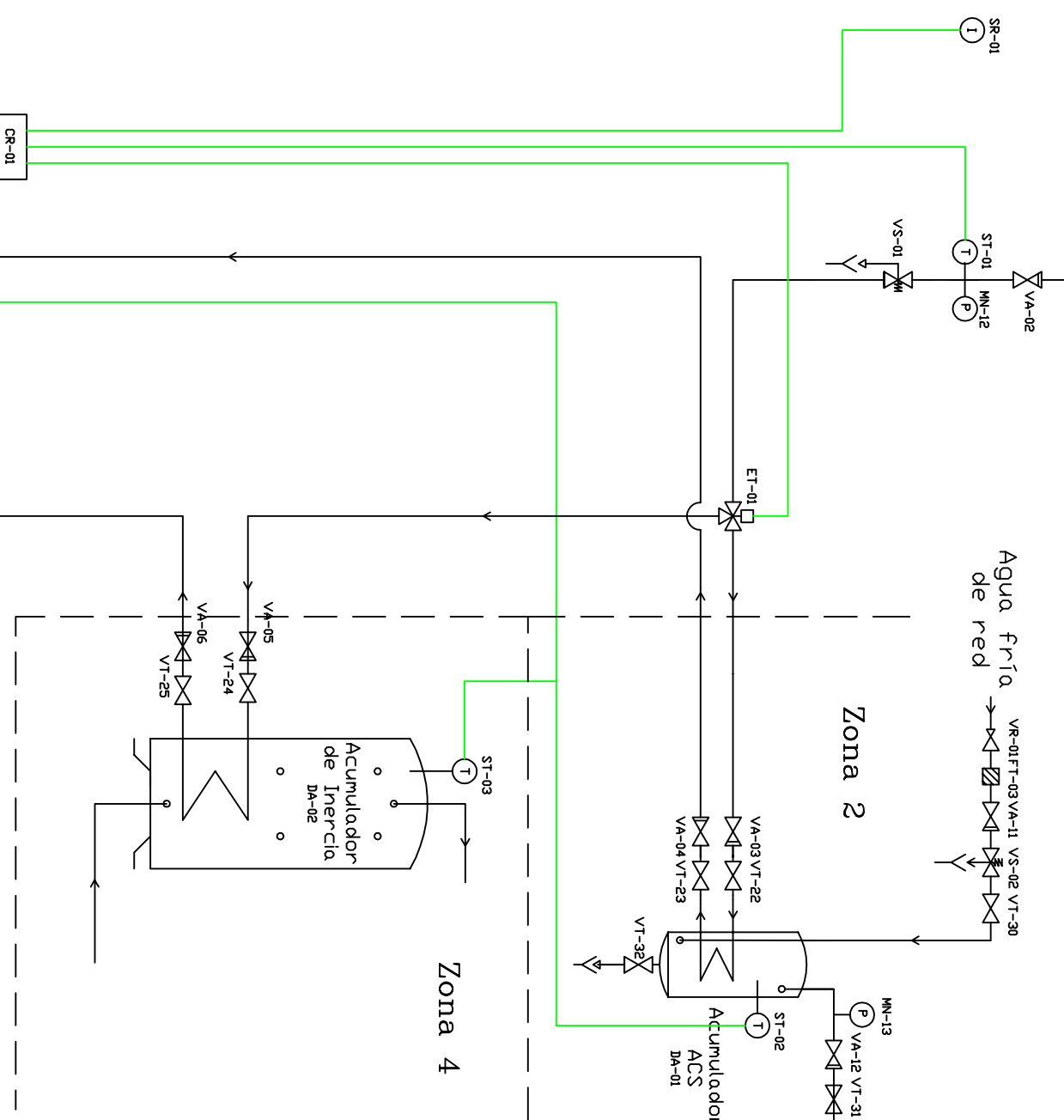
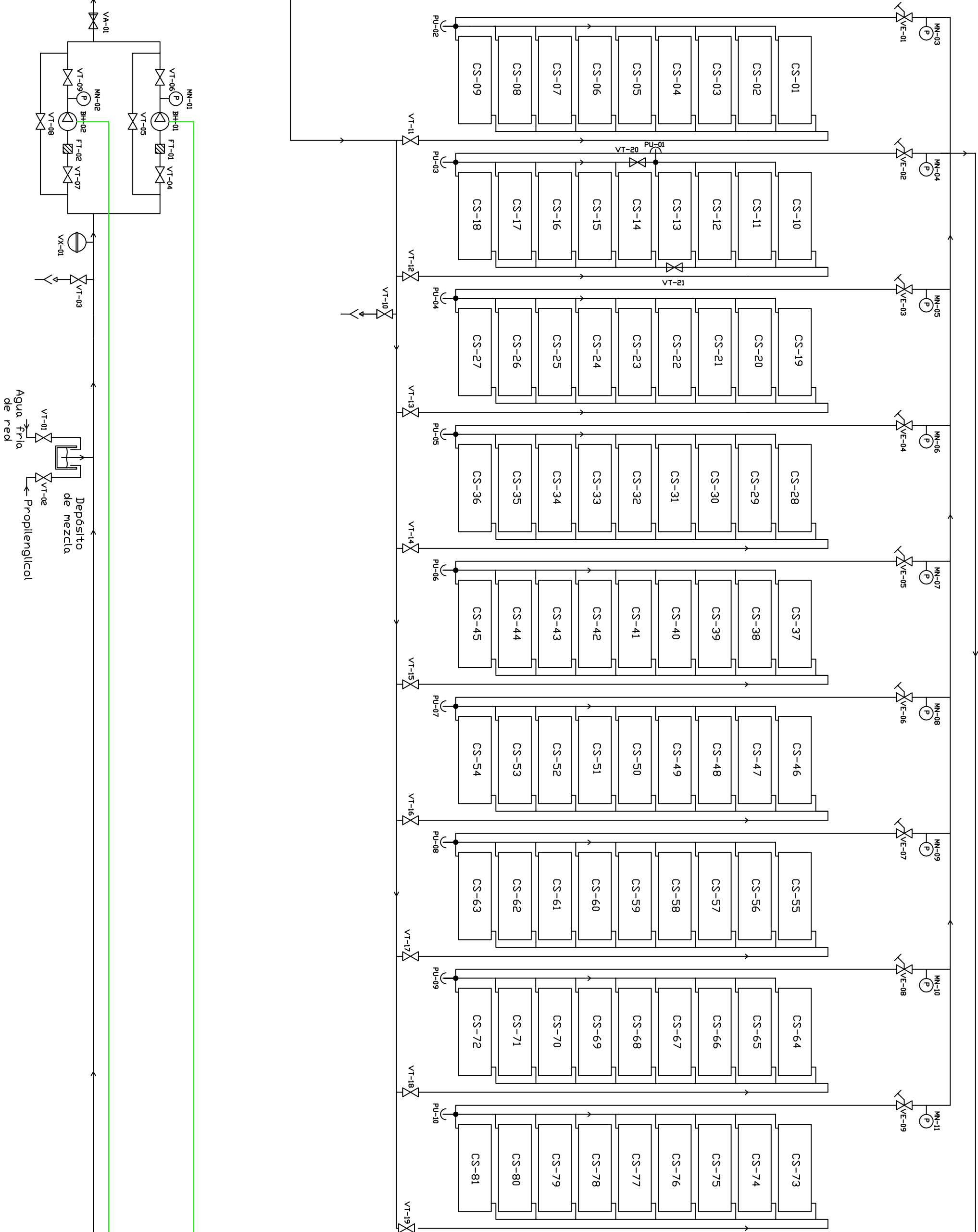



	NOMBRE	FECHA	Universitat de Lleida – Escola Politècnica Superior "Diseño de la instalación de calefacción y ACS, mediante energía solar térmica, en un polideportivo de Fregós"	
DIBUJADO	Jorge Blanc	28/5/2007		
COMPROVADO	Luisa F. Cabezas	1/6/2007		
Escala: 1:100	Planta Sotano, Cotas.		Nº: 9/19	





SIMBOL·LOGIA				
Bomba de circulaci3		Dep3sito ACS		
Electrovalvula de tres vies		Dep3sito Inercia		
Colectores solares		Conducto ida		
Aerotermo		Conducto vuelta		


	NOMBRE	FECHA	Universitat de Lleida - Escola Politècnica Superior "Diseño de la instalación de calefacción y ACS,, mediante energía solar térmica, en un polideportivo de Fraga"	
DIBUJADO	Jorge Blanc	17/1/2008		
COMPROVADO	Luisa F. Cabezas	21/1/2008		
Escala:	Diagrama de Proceso			Nº: 10/19





**Bomba de circulación**


**Centralita de regulación**


**Colector solar**


**Electroválvula de tres vias**


**Filtro**


**Manómetro**


**Purgador de aire**


**Válvula reguladora de presión**


**Sensor de radiación solar**


**Sonda de temperatura inmersión**

**Válvula antirretoro**

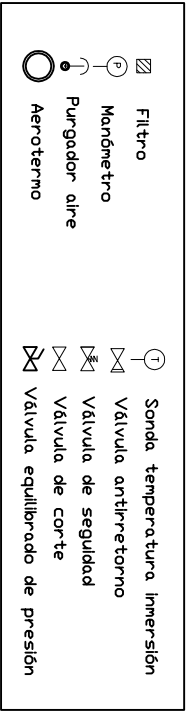
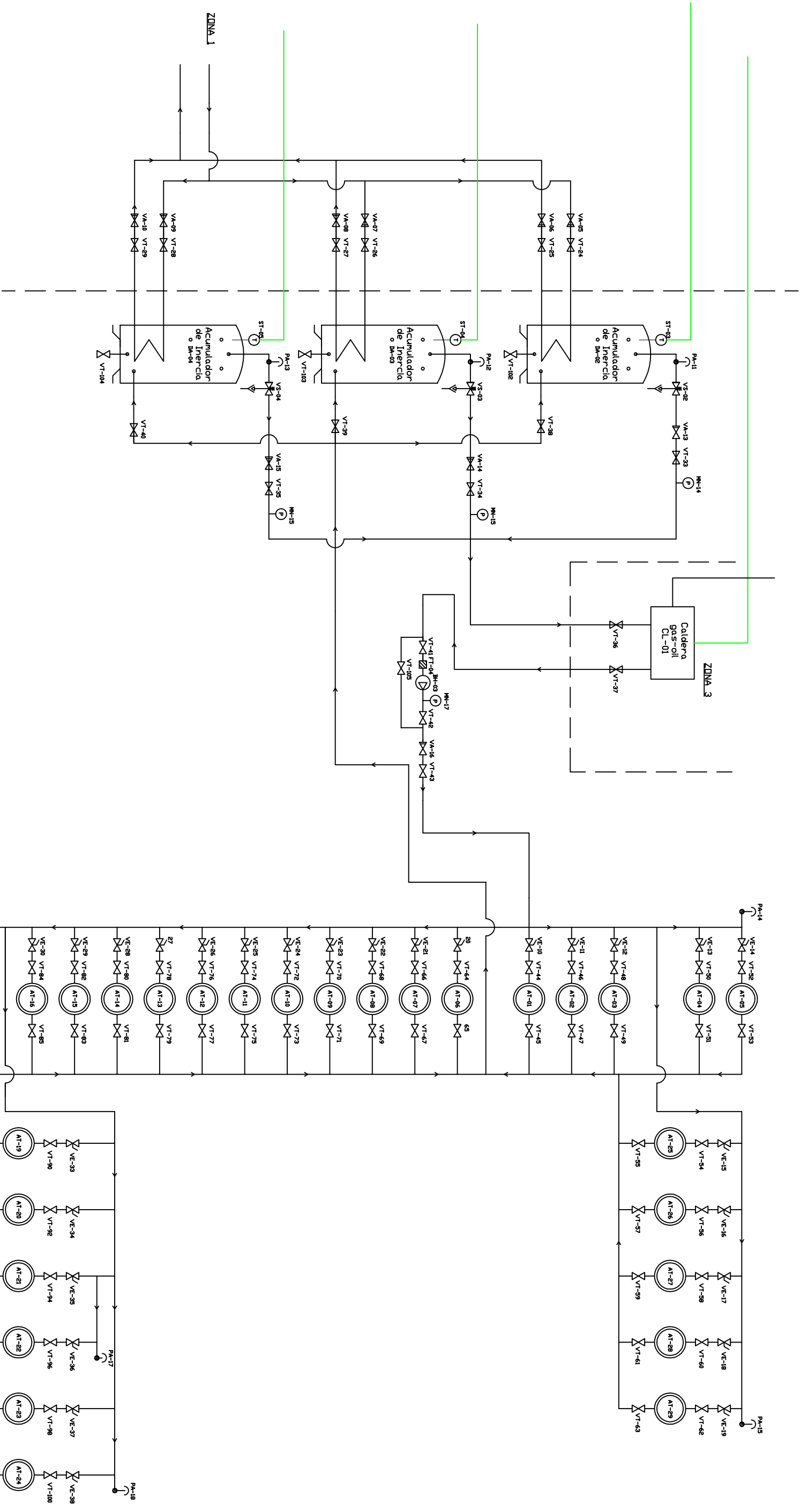
**Válvula de equilibrado**

**Válvula de seguridad**

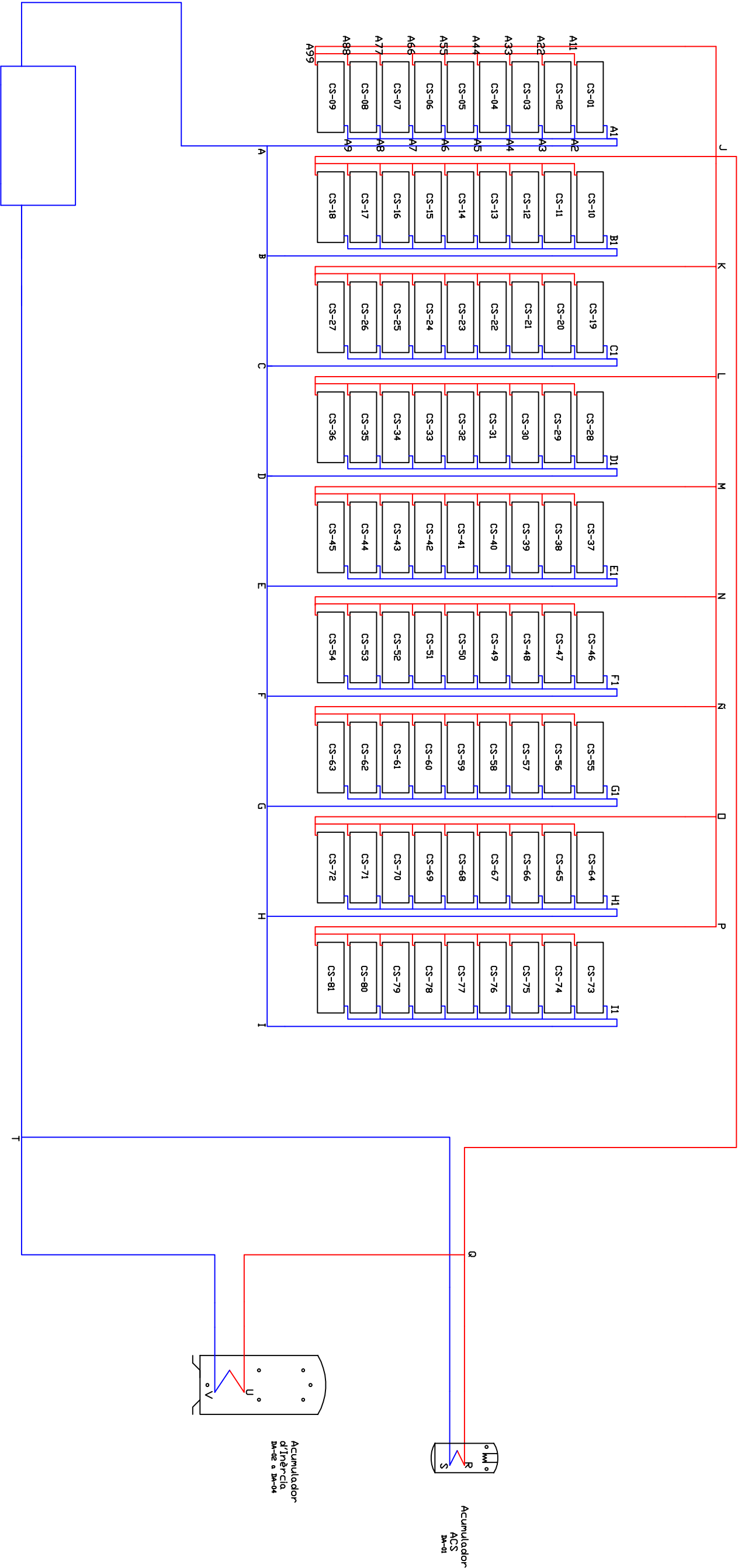
**Válvula de corte**

**Vaso de expansión**

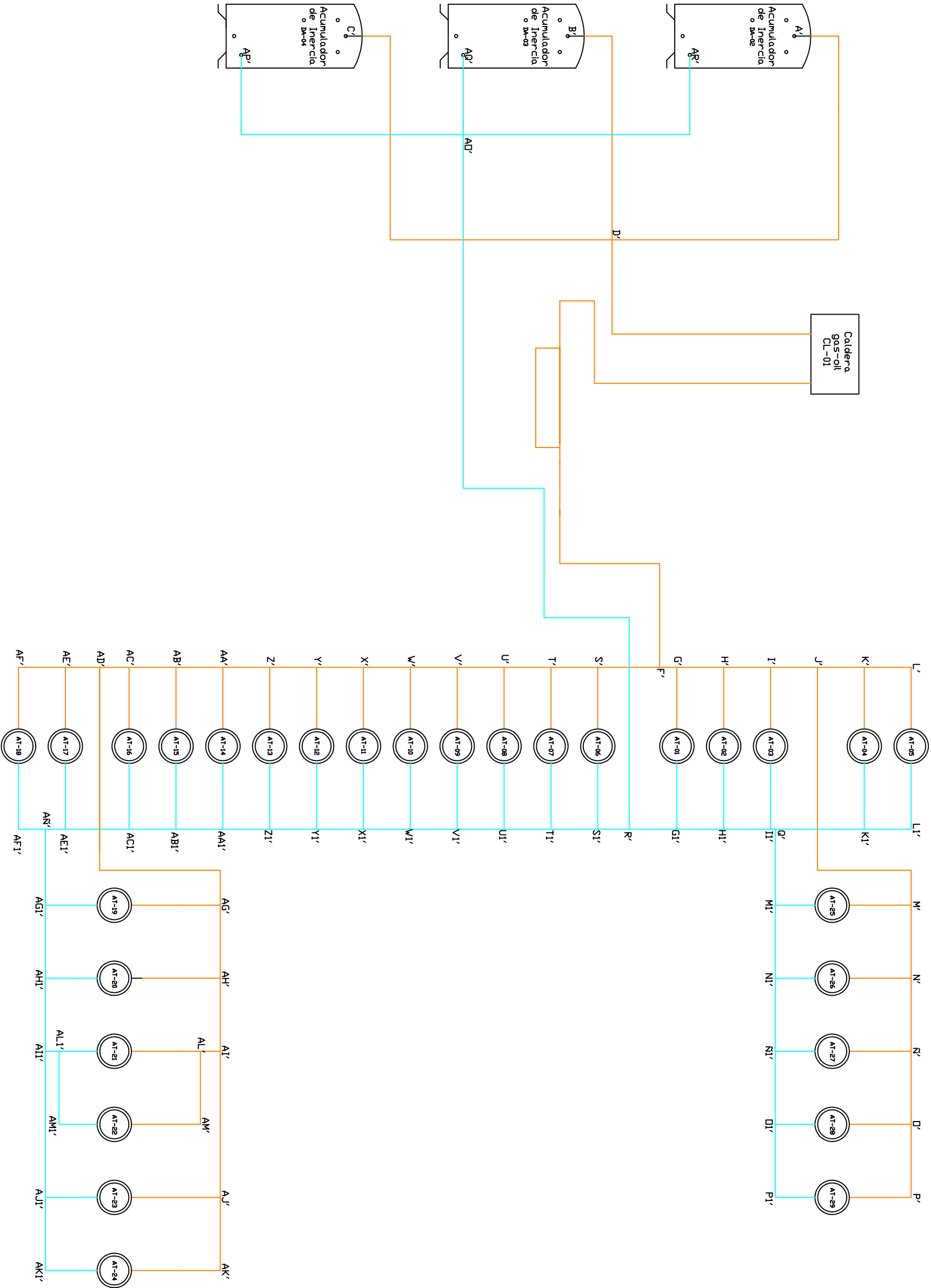
	NOMBRE	FECHA	Universitat de Lleida - Escola Politècnica Superior Departament de la Institució de col·lecció i y ACS, mediante energía solar térmica, en un polideportivo de Froga	
DIBUJADO	Jorge Blanc	22/1/2008		
COMPROVADO	Lluís F. Cabezas	25/1/2008		
Escala:	Diagrama Zonas 1 y 2.			Nº: 11/19



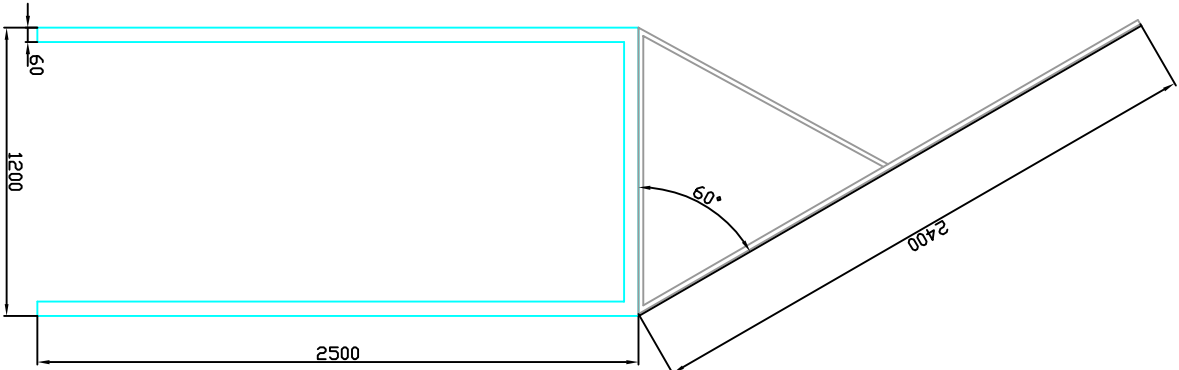
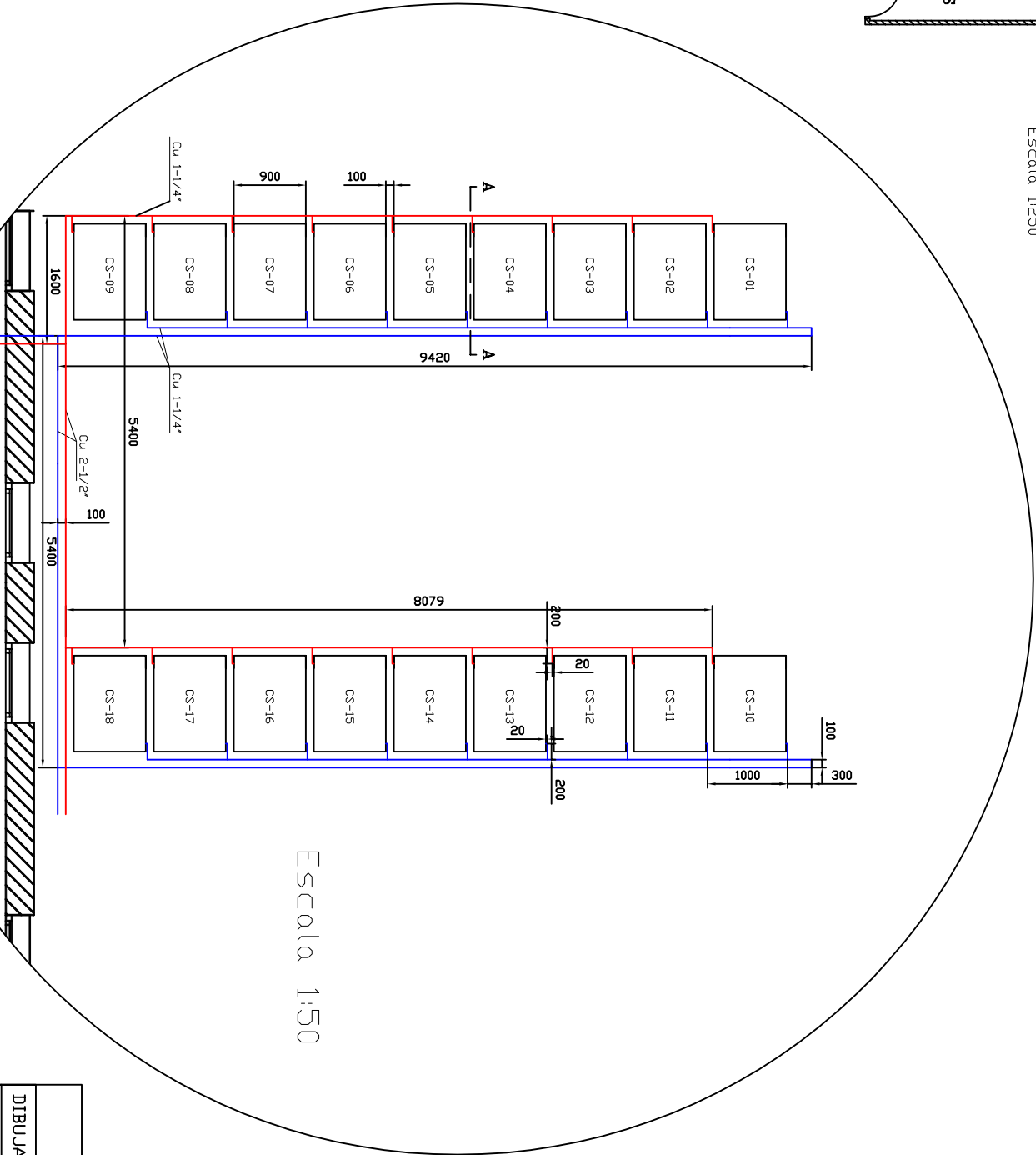
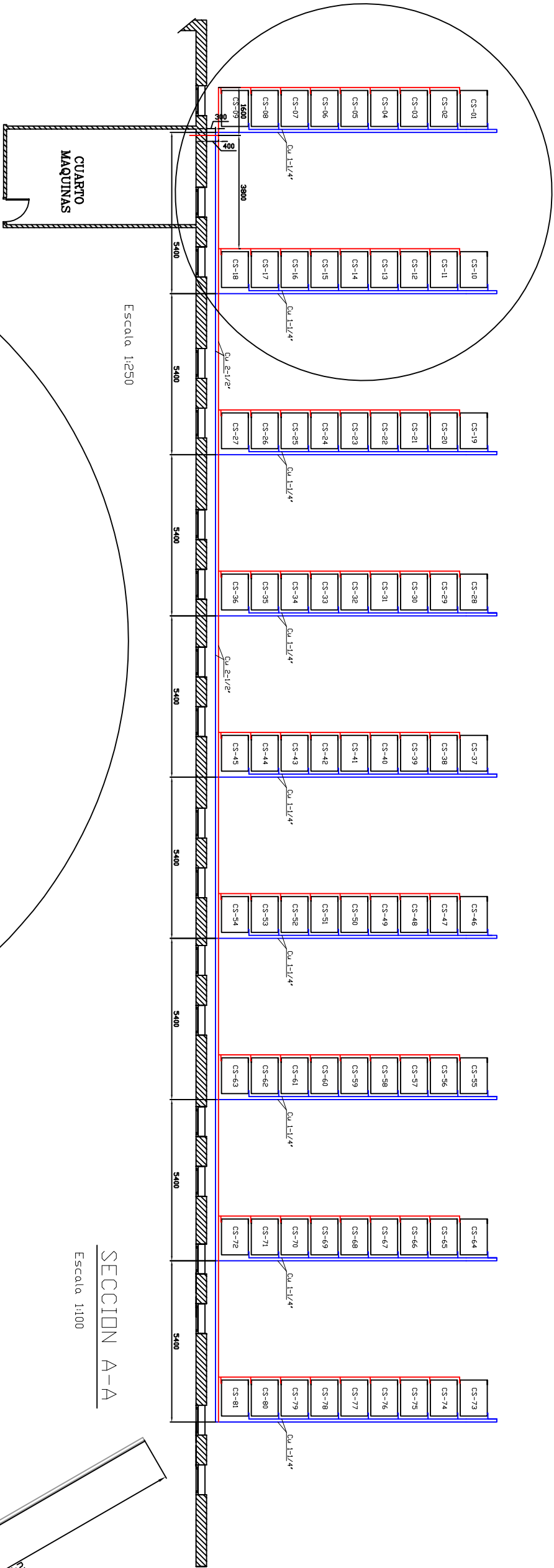
	NOMBRE	FECHA	Universitat de Lleida - Escola Politècnica Superior "Diseño de la instalación de calefacción y A.C.S., mediante energía solar térmica, en un polideportivo de Fraga"	
DIBUJADO	Jorge Blanc	22/1/2008		
COMPROVADO	Luisa F. Cabezas	25/1/2008		
Escola:	Diagrama Zonas 3 y 4.			Nº:
				12/19



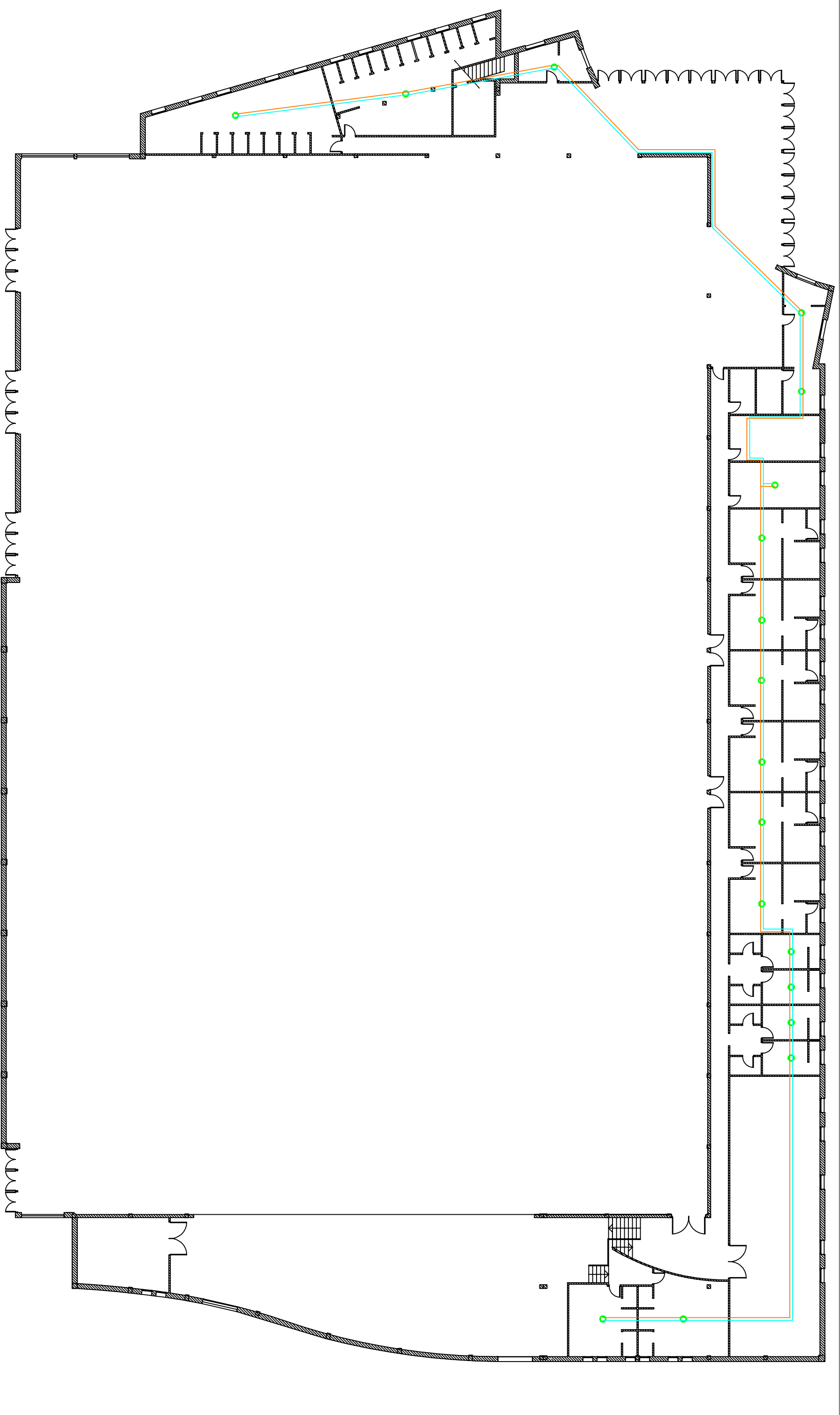
	NOMBRE	FECHA	Universitat de Lleida – Escola Politècnica Superior "Diseño de la instalación de calefacción y A.C.S., mediante energía solar térmica, en un polideportivo de Fraga"
	DIBUJADO	Jorge Blanc	
	COMPROVADO	Lluïsa F. Cabezas	
Escala:	Distribución de tramos de la zona 1.		Nº: 13/19



	NOMBRE	FECHA	Universitat de Lleida – Escola Politècnica Superior "Diseño de la instalación de calefacción y ACS", mediante energía solar térmica, en un polideportivo de Fraga"
DIBUJADO	Jorge Blanc	4/2/2008	
COMPROVADO	Luisa F. Cabezas	7/2/2008	
Escaloi	Distribución de tramos de la zona 4.		Nº: 14/19

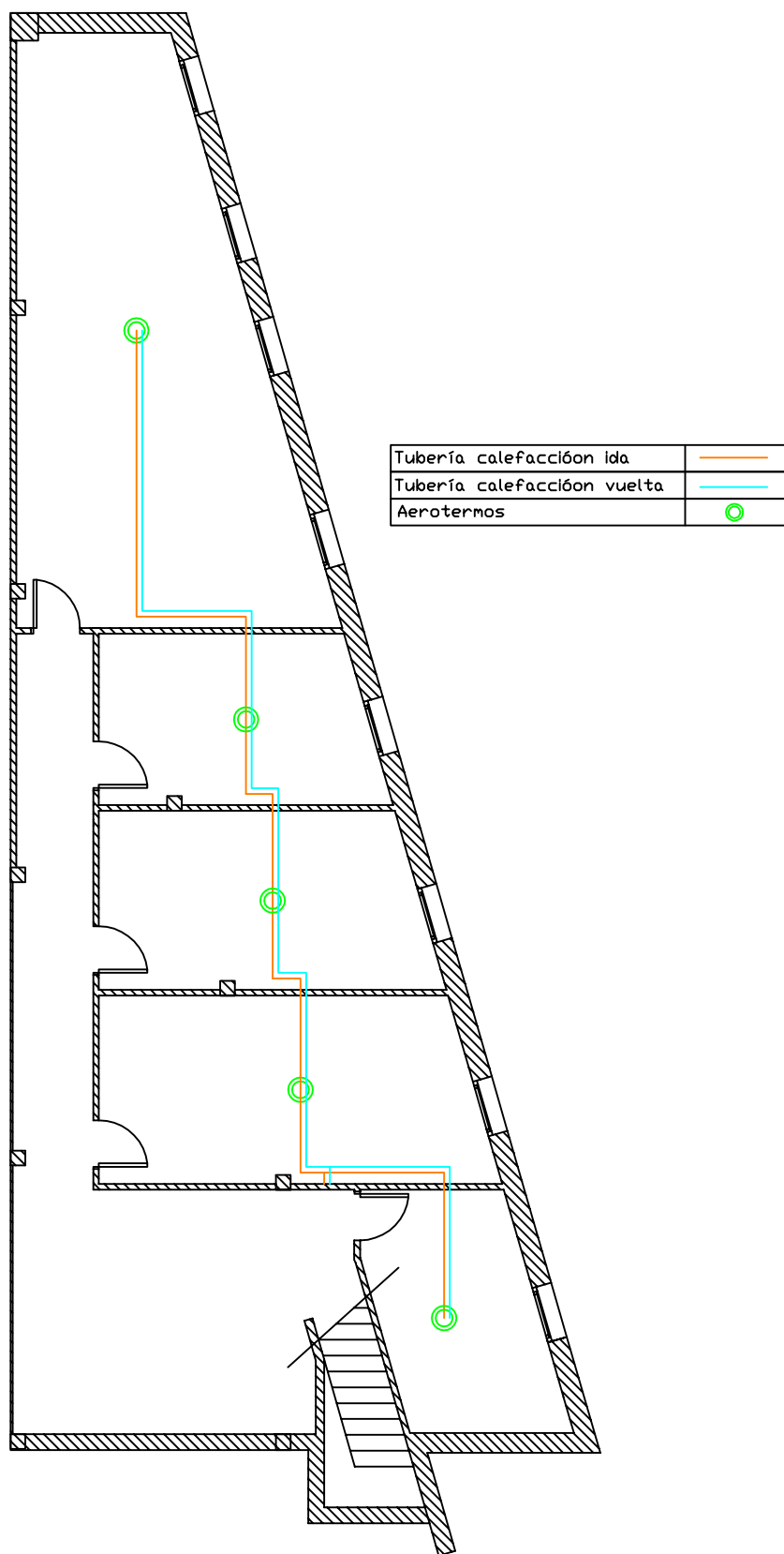


	NOMBRE	FECHA	Universitat de Lleida - Escola Politècnica Superior 'Diseño de la instalación de calefacción y ACS', mediante energía solar térmica, en un polideportivo de Fraga'	
DIBUJADO	Jorge Blanc	25/2/2008		
COMPROVADO	Luisa F. Cabezas	3/3/2008		
Escala:	Vista aérea colocación colectores.			Nº: 15/19

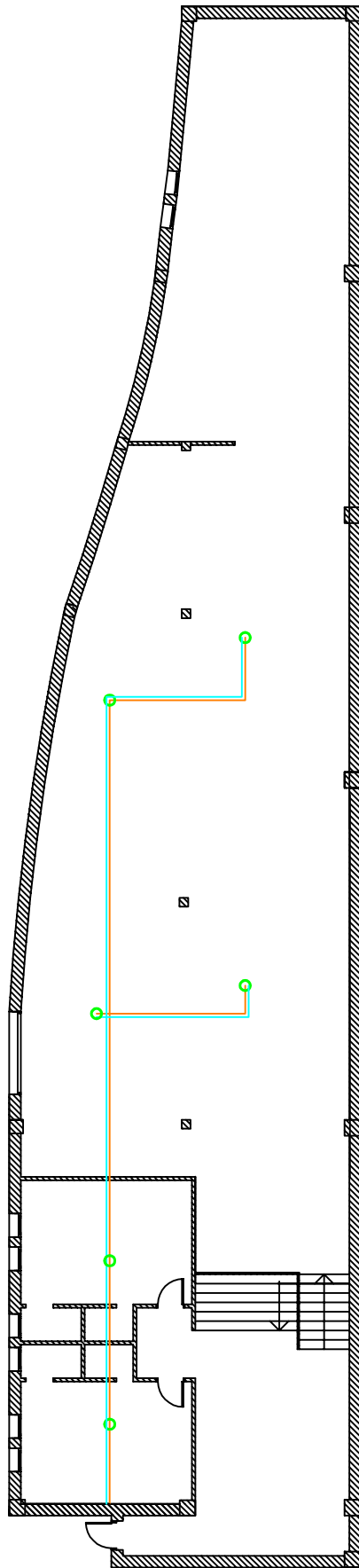


Tuberia calefacci3n ida	
Tuberia calefacci3n vuelta	
Aerotermos	

	NOMBRE	FECHA	Universitat de Lleida - Escola Politècnica Superior "Diseño de la instalación de calefacción y ACS", mediante energía solar térmica, en un polideportivo de Fraga"
DIBUJADO	Jorge Blanc	10/3/2008	
COMPROVADO	Luisa F. Cabezas	18/3/2008	
Escala:	Distribución Aerotermos Planta General		Nº:
1:250			16/19

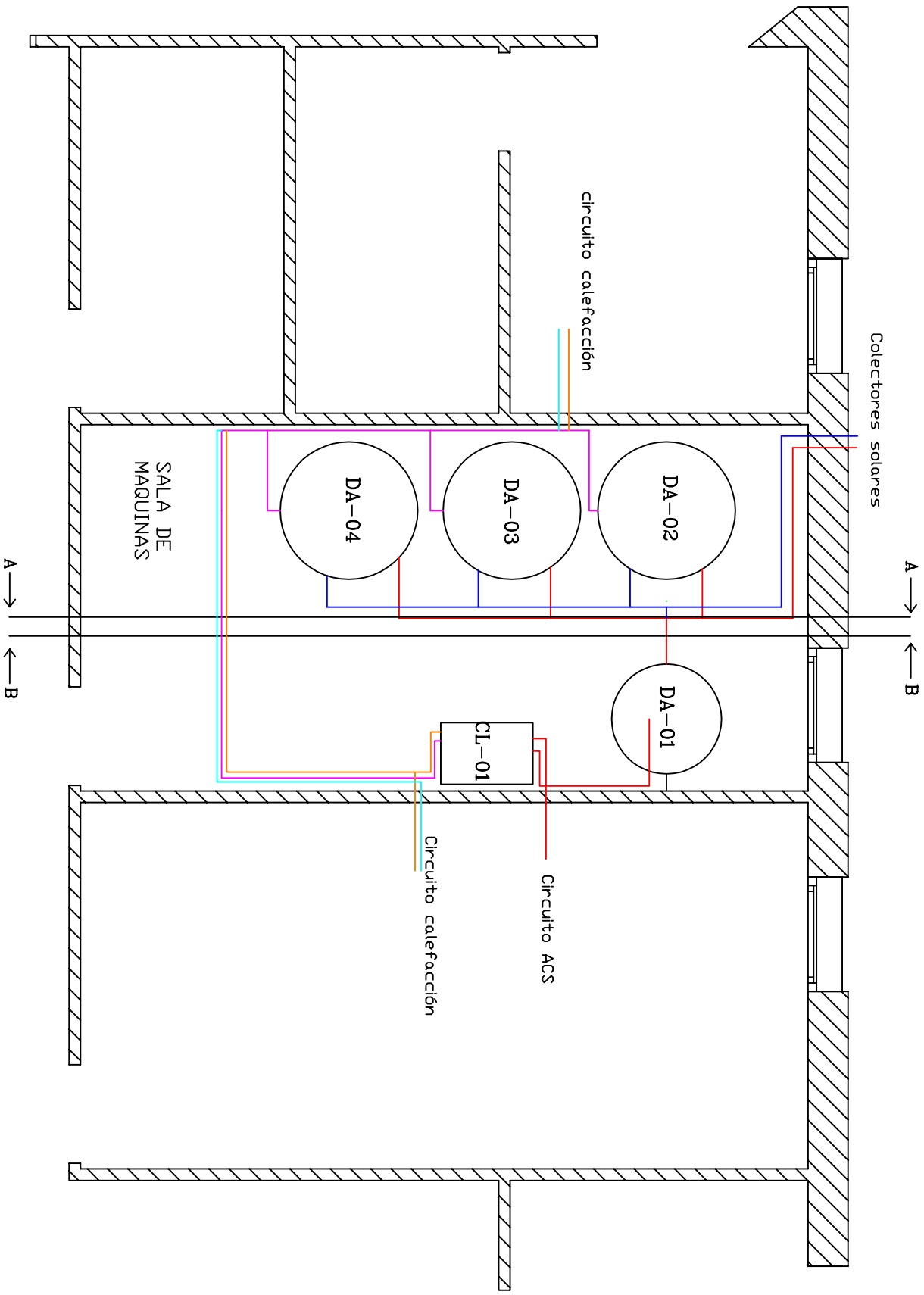


	NOMBRE	FECHA	Universitat de Lleida - Escola Politècnica Superior "Diseño de la instalación de calefacción y A.C.S., mediante energía solar térmica, en un polideportivo de Fraga"
DIBUJADO	Jorge Blanc	10/3/2008	
COMPROVADO	Lluisa F. Cabezas	18/3/2008	
Escala: 1:125	Distribución Aerotermos, Primera Planta		Nº: 17/19

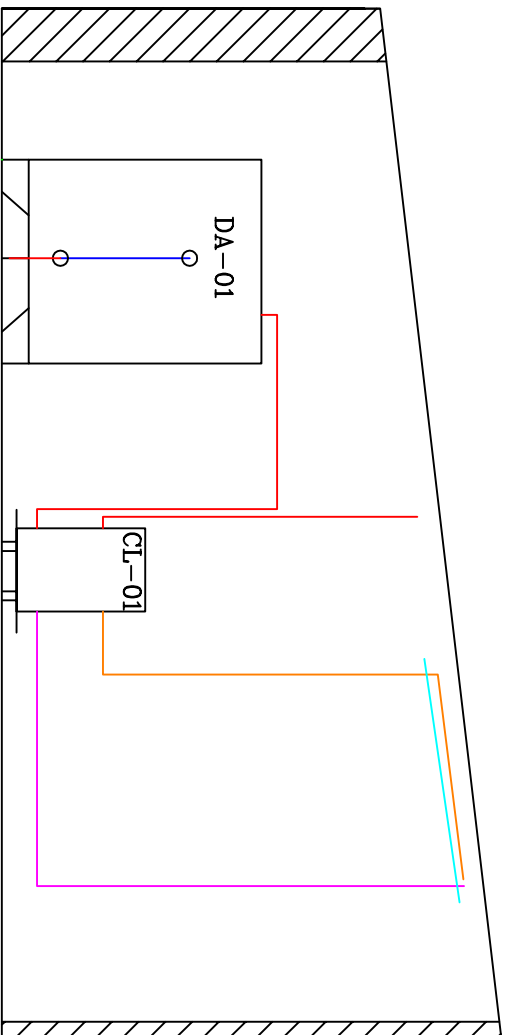
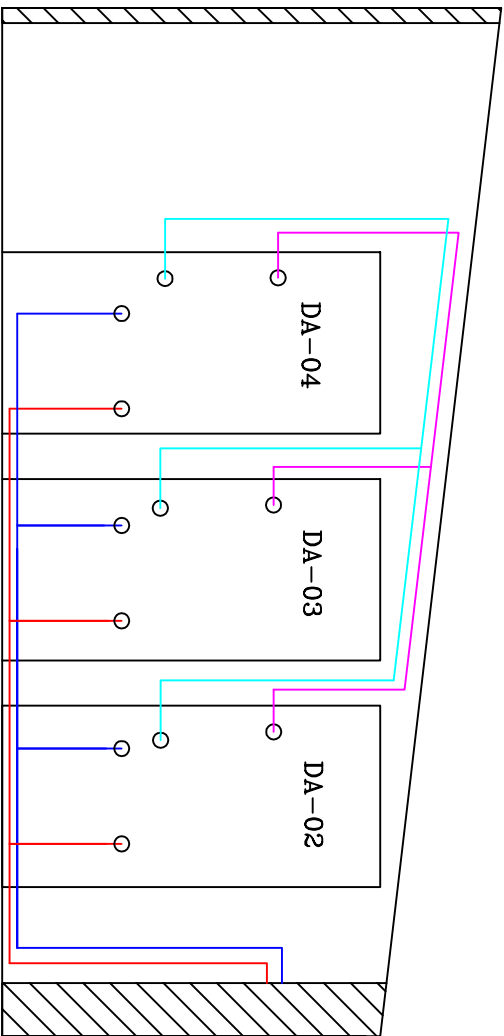


Conducto calefacción ida	—
Conducto calefacción vuelta	—
Aerotermino	○

	NOMBRE	FECHA	Universitat de Lleida - Escola Politècnica Superior "Diseño de la instalación de calefacción y A.C.S., mediante energía solar térmica, en un polideportivo de Fraga"
DIBUJADO	Jorge Blanc	10/3/2008	
COMPROVADO	Lluisa F. Cabezas	18/3/2008	
Escala: 1:200	Distribución Aerotermos, Planta Sotano		Nº: 18/19



LEYENDA	
Conducto impulsión solar	
Conducto retorno solar	
Conducto ida caldera	
Conducto ida calefacción	
Conducto retorno calefacción	



CORTE B-B

CORTE A-A

	NOMBRE	FECHA	Universitat de Lleida - Escola Politècnica Superior "Diseño de la instalación de calefacción y ACS, mediante energía solar térmica, en un polideportivo de Fraga"	
DIBUJADO	Jorge Blanc	8/4/2008		
COMPROVADO	Lluís F. Cabezas	16/4/2008		
Escala:	Distribución Acumuladores		Nº:	
1:50			19/19	

4. PLIEGO DE CONDICIONES



ÍNDICE DEL PLIEGO DE CONDICIONES

4. PLIEGO DE CONDICIONES.....	273
ÍNDICE DEL PLIEGO DE CONDICIONES.....	274
4.1. NORMATIVA	275
4.2. MANTENIMIENTO Y PUESTA EN MARCHA.	276
4.2.1. Mantenimiento de la instalación de energía solar térmica.	276
4.2.1.1. Puesta en marcha.	276
4.2.1.2. Mantenimiento.....	276
4.2.1.3. Seguridad en la instalación solar.	279
4.2.1.3.1. Prevención de la legionela.	281
4.2.1.4. Cambio de temporada en la zona 1.....	282
4.2.2. Medio ambiente.....	284
4.2.3. Mantenimiento de las bombas de circulación.....	285
4.2.3.1. Puestas en marcha.	285
4.2.3.2. Mantenimiento.....	286
4.2.4. Mantenimiento de las unidades terminales (aerotermos).....	287
4.2.5. Mantenimiento del vaso de expansión.....	288
4.2.6. Mantenimiento de las tuberías.....	288
4.2.7. Mantenimiento de las válvulas.....	293
4.2.8. Protección contra el hielo y la falta de circulación de agua.....	293
4.2.9. Regulación y control.....	294
4.3. HOJAS DE ESPECIFICACIÓN	295



4.1. NORMATIVA

La instalación solar ha de cumplir las normas y reglamentos que se describen a continuación y la reglamentación vigente durante la realización de las obras.

- *UNE 157001:2002* Criterios generales para la elaboración de proyectos, y las correspondientes normas de consulta interiores.
- *Normas UNE-EN ISO* de dibujo técnico.
- *Código Técnico de la Edificación (CTE)*
- Reglamento de las Instalaciones Técnicas en los Edificios (*RITE*), y sus instrucciones técnicas complementarias (*ITC*).
- Norma Básica de la Edificación sobre Condiciones Térmicas en los edificios (*NBE-CT-79*).
- *Normas UNE* referentes a los cálculos de instalaciones de calefacción, ACS y colectores solares térmicos.
- *Normas UNE y UNESCO* referentes a los materiales y dispositivos utilizados.
- *UNE EN 12975-2:2002* Sistemas solares térmicos y componentes. Captadores solares. Parte 2: Métodos de ensayo.
- *Real Decreto Legislativo 1.302/1986 del 28 de Junio*, sobre evaluación del impacto ambiental (*BOE 30-6-86*).
- *Real Decreto del 30 de Septiembre de 1998*. Reglamento para la ejecución del *Real Decreto Legislativo 1.302/1986 del 28 de Junio* de evaluación de impacto ambiental.



4.2. MANTENIMIENTO Y PUESTA EN MARCHA.

Este apartado tiene por objeto indicar las pruebas finales de recepción de una instalación de calefacción y las operaciones básicas de mantenimiento a efectuar en las instalaciones y los equipos. Hay que señalar que en los dos casos se trata únicamente de describir las operaciones básicas que se han de realizar, sin olvidar las otras operaciones que, dadas las características específicas de diseño y construcción, puedan ser necesarias o convenientes.

4.2.1. Mantenimiento de la instalación de energía solar térmica.

4.2.1.1. Puesta en marcha.

El proceso de puesta en marcha de la instalación es de gran importancia para garantizar un eficiente de la energía solar producida, así como una larga vida útil a los elementos que la componen.

En primer lugar, y una vez conectados todos los elementos del circuito primario de energía solar, se procede al llenado de la instalación. Para dicho llenado, se dispondrá de un sistema de llenado automático con la inclusión de un depósito de recarga donde se realizará la mezcla de agua y propilenglicol en las proporciones que se indican en la memoria del proyecto.

Después, se programa la central eléctrica de regulación según las condiciones establecidas.

Finalmente se regula el caudal circulante por la instalación mediante los manómetros MN-02 a MN-13, según las instrucciones proporcionadas por el fabricante, respecto la normativa en vigor. En este caso, el caudal que se habrá de regular con las válvulas de equilibrio de la instalación solar será de 1,4 L/s para cada colector.

4.2.1.2. Mantenimiento

Es importante que haya una participación activa en las tareas de mantenimiento de la instalación por parte de alguna persona encargada para ello (ya sea técnico exterior o personal del ayuntamiento). Por este motivo, se necesita que conozca los diferentes componentes de la misma para poder detectar problemas de funcionamiento.



Es aconsejable llevar un seguimiento por escrito de las operaciones de mantenimiento realizadas en la instalación. Esto permite controlar mejor la instalación y comprobar si el rendimiento estimado de las máquinas y aparatos se cumple.

Hay que lograr el correcto funcionamiento y situación de las sondas de temperatura, de la sonda de irradiación y de los manómetros, asegurando que la medida que proporcionan es fiable. Es recomendable simular el funcionamiento de la instalación, “engañando” la regulación, y comprobando que la secuencia y la actuación de los diferentes equipos es correcta.

Los equipos que garantizan el buen funcionamiento de la instalación por las sobrepresiones originadas por las altas temperaturas son las válvulas de seguridad y el depósito de expansión. Es recomendable verificar el buen estado de estos, así como el correcto funcionamiento del depósito, para lo cual hay que comprobar los niveles de presión al circuito y a la cámara de gas del depósito de expansión.

Para revisar el perfecto estado de los colectores solares, es necesario observar su estado, si han sufrido algún cambio, o si existe alguna diferencia entre ellos. Conviene observar la aparición de condensaciones, de corrosión o deformación del absorbedor, corrosión, deformación o aparición de fugas en las conexiones, así como el correcto estado de los tornillos y de las estructuras. Si hay que manipular los tubos de unión de los colectores, hay que hacerlo con mucho cuidado, ya que si se introducen demasiado, puede ser que se deterioren al estirarlos para sacarlos. Además, es muy recomendable limpiar periódicamente los cristales de los colectores solares.

Con el objetivo de evitar que se produzcan pérdidas de fluido en el circuito primario, no existirá ninguna vía posible de fuga, de manera que, una vez la instalación ya está en funcionamiento, y sin la existencia de aire en el circuito, los purgadores se mantendrán cerrados. En caso de duda, una prueba de presión determinará si la estanquidad en el circuito es total. Mediante la comprobación visual del aislamiento exterior de los conductos y del depósito de acumulación se puede detectar si ha existido alguna fuga, la cual será ratificada en caso de aparecer humedad en el aislamiento exterior.

Las válvulas de regulación de caudal (válvulas de equilibrado), situadas en el retorno de las filas de colectores, estarán en la posición adecuada que garantice el caudal nominal del proyecto, asegurándose que quedan bloqueadas contra posibles manipulaciones.



Por lo que hace referencia al circuito eléctrico, debe asegurarse que el nivel de estanquidad del cuadro impide la entrada de agua o polvo a su interior, y que las protecciones eléctricas y demás elementos (fusibles, magnetotermicos, etc.) presentan un aspecto adecuado.

En referencia al mantenimiento del fluido caloportador, el anticongelante tiene una doble función; evitar la congelación del agua en los conductos en caso de bajas temperaturas y proteger el buen estado de los conductos frente a las elevadas temperaturas. Esto requiere que el estado del anticongelante sea perfecto y que no se altere su funcionamiento porque haya perdido parte de sus propiedades. El anticongelante se altera porque se degrada por el agua, por el desgaste de los metales, por el aire y por el calor. El seguimiento del estado del anticongelante se debe realizar midiendo la densidad y el pH, comparándolos con los valores registrados en el momento del llenado inicial del circuito.

En el “Pliego de Condiciones Técnicas” del IDEA se enumeran con carácter orientativo (ver Figura 4.1.), las operaciones de mantenimiento preventivo que se han de realizar en todas las instalaciones de energía solar térmica, la periodicidad mínima establecida y observaciones en relación a las prevenciones a controlar.

El mantenimiento correctivo son las operaciones de reparación, sustitución y otras que, aplicadas a la instalación, deben permitir mantener su normal funcionamiento dentro de los límites establecidos por el fabricante.

Estas operaciones serán llevadas a cabo con carácter prioritario y en el menor tiempo posible después del aviso del usuario, anotando el fallo, la posterior solución adoptada y la persona que la realiza.

Con carácter orientativo, se enumeran algunos de los fallos más comunes:

- Fallo en la estanquidad del circuito primario.
- Humedad o condensación dentro de los colectores.
- Mal funcionamiento de los elementos electromecánicos.
- Baja producción del sistema.
- Aparición de oxidaciones.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN SOLAR		
CAMPO DE COLECTORES		
Colectores	6	IV diferencias sobre original.
		Diferencias entre colectores.
Cristales	6	IV condensadores y suciedad.
Juntas de Degradación	6	IV agrietamientos, deformaciones.
Absorbedor	6	IV corrosión, deformaciones.
Carcasa	6	IV deformación, oscilaciones, ventanas de respiración.
Conexiones	6	IV aparición de fugas.
Estructura	6	IV degradación, indicios de corrosión y apriete de tornillos.
SISTEMAS DE ACUMULACION		
Depósito	24	Presencia de lodos en fondo.
Aislamiento	12	Comprobar que no hay humedad.
CIRCUITO HIDRAULICO		
Fluido refrigerante	12	Comprobar su densidad y PH.
Estanqueidad	24	Efectuar prueba de presión.
Aislamiento exterior	6	IV degradación protección uniones y ausencia de humedad.
Aislamiento interior	12	IV uniones y ausencia de humedad.
Purgador Automático	12	CF y limpieza
Purgador manual	6	Vaciar el aire del botellín.
Bomba	12	Estanqueidad
Vaso de expansión cerrado	6	Comprobación de la presión.
Vaso de expansión abierto	6	Comprobación del nivel.
Sistema de llenado	6	CF Actuación.
Válvula de corte	12	CF Actuaciones (abrir y cerrar)
Válvula de seguridad	12	CF actuación
SISTEMA ELÉCTRICO Y DE CONTROL		
Cuadro eléctrico	12	Comprobar que está siempre bien cerrado para que no entre polvo.
Control Diferencial	12	CF Actuación.
Termostato	12	CF Actuación.

Figura 4.1. Frecuencia (en meses) de las operaciones de mantenimiento.

4.2.1.3. Seguridad en la instalación solar.

El hecho de trabajar a temperaturas elevadas puede ocasionar quemaduras, por ello la instalación se aislará térmicamente para evitar contactos con superficies calientes.



Si no es posible el aislamiento, se señalará la zona con el objetivo de que la persona que manipule la instalación tenga presente el riesgo al que está expuesto.

Para la manipulación de elementos conectados con la red eléctrica, primero se cortará la alimentación del elemento, y asegurarse de que no pueda ser conectada accidentalmente. Se habrá de aislar correctamente todos los posibles bornes o elementos eléctricos que puedan ocasionar contacto con alguna persona o algún elemento próximo.

La colocación de los soportes y los colectores solares se realizarán con las medidas de seguridad necesarias para evitar posibles caídas de los operarios o de algún elemento físico que pueda ocasionar daños personales a terceros.

Los trabajos realizados durante la instalación y la puesta en funcionamiento de equipo solar, se realizarán por personal cualificado, los cuales tomarán las medidas de precaución correspondientes para minimizar los riesgos de cualquier situación de peligro.

Se prestará especial atención en no ingerir ni derramar el contenido de productos químicos o inhibidores de corrosión como puede ser la solución anticongelante. Los envases de estos productos irán debidamente etiquetados para prever un mal uso.

En el caso de que alguien pueda tener contacto directo con estos productos, se exponen una serie de recomendaciones que hay que tener en cuenta:

Medidas de primeros auxilios.

- Ojos: puede causar irritación. Hay que aclarar con abundante agua durante un mínimo de 15 minutos, moviendo con frecuencia los párpados. Si la irritación aumenta, acudirá a un médico.
- Piel: puede causar irritación. Hay que aclarar con abundante agua durante un mínimo de 15 minutos, moviendo con frecuencia los párpados. Si la irritación aumenta, se acudirá a un médico.
- Ingestión: puede causar irritación gastrointestinal con nauseas, vómitos y diarrea. Se beberá agua en abundancia. Si los síntomas persisten, hay que acudir a un médico.
- Inhalación: sin consecuencias. En caso de malestar, evitar la exposición a la sustancia y ventilar con aire fresco.



Medidas de transporte.

- Derrame accidental, fugas: absorber el derrame con un material inerte (serrines, arenas o tierra), y posteriormente depositarlo en el contenedor adecuado.
- Manipulación: limpiarse con agua y jabón después de la manipulación.
- Almacenamiento: guardar en un lugar fresco y seco. Utilizar un recipiente cerrado herméticamente. El producto se conservará en su contenedor original y este estará debidamente etiquetado.

Protección individual.

- Ojos: hace falta llevar gafas de protección adecuadas.
- Piel: necesario llevar guantes adecuados para evitar el contacto con la piel.
- Ropa: llevar ropa de protección adecuada para prevenir la exposición de la piel.

4.2.1.3.1. Prevención de la legionela.

La legionela es una bacteria que se conoce por el nombre de *Legionella Pneumophila*, y forma parte del entorno acuático natural, siendo capaz de sobrevivir a condiciones ambientales extremas: temperaturas entre 5,7 y 63°C; con un pH entre 5,5 y 8,1; un oxígeno disuelto entre 0,3 y 9,6 ppm y una conductividad 18-106 ms/cm.

La vía de infección para las personas es mediante la inhalación de la bacteria hasta los pulmones, aunque para esto no se necesitan grandes concentraciones de esta, y esto solo sucede cuando ésta se encuentra en unas condiciones adecuadas para su reproducción a gran escala.

La legionela tiene un crecimiento elevado entre 20 y 45°C, y es el óptimo entre 37 y 41°C, por lo que los sistemas de preparación centralizados de ACS con acumulación están entre los de mayor riesgo. El presente proyecto trata de estos sistemas, por lo que se necesita una cierta prevención para evitar que esta bacteria proliferen en los sistemas de agua caliente, que es donde se desarrolla.



Medidas de prevención que hay que tomar:

- La instalación limpiará y desinfectará una vez al año y además, antes de la puesta en funcionamiento inicial y después de una parada larga o cuando en una revisión rutinaria se considere necesario por indicios de algún brote.
- La desinfección térmica se hará elevando la temperatura del agua de todo el circuito hasta 70°C o más, incluidos los dispositivos de acumulación, red de tuberías y el punto más alejado de suministro. Se mantendrá durante un par de horas como mínimo. Por eso, se dejará correr eventualmente el agua de los grifos hasta conseguir que durante 5 minutos salga de ellos el agua a la máxima temperatura (Norma UNE 100.030-2001.IN).

4.2.1.4. Cambio de temporada en la zona 1.

Debido a que el funcionamiento de la instalación en general, y de la zona 1 en particular, es diferente en verano que en invierno, hay que definir unas operaciones que se realizarán al final de cada uno de los dos periodos establecidos; temporada de invierno y temporada de verano.

Se define la temporada de invierno como el periodo que va desde el 1 de octubre hasta el 30 de abril, ambos incluidos, y la temporada de verano como el periodo que va desde el 1 de mayo hasta el 30 de septiembre. No obstante, las fechas de cambio de temporada se podrán adelantar o retrasar según las necesidades de los usuarios del edificio y/o las condiciones climáticas.

Cambio de verano a invierno

Las operaciones de cambio de temporada de invierno a verano van encaminadas a dejar en funcionamiento tan solo los colectores destinados a producir ACS, ya que las necesidades energéticas en verano se limitan al consumo de ACS. Las operaciones a realizar son las siguientes:

- Asegurarse que las bombas de circulación BH-01 y BH-02 están desconectadas de la corriente eléctrica.
- Abrir la válvula de bola VT-20 para vaciar completamente la instalación.
- Asegurarse que los purgadores PU-02 a PU-10 están abiertos cuando se vacíe el fluido a través de las válvulas VT-00 y VT-10.



- Cerrar las válvulas de bola VT-13 a VT-19, VT-20, VT-21 y VT-00.
- Abrir las válvulas de bola VT-00 y VT-10 para terminar de vaciar la instalación.
- Rellenar el circuito con la mezcla adecuada usando las válvulas VT-01 y VT-02, asegurándose que el purgador PU-01 está abierto y llenando el circuito a la presión adecuada.
- Programar la centralita de regulación para la temporada de verano.
- Conectar la bomba BH-01, dejando en desuso la bomba BH-02, ya que no será necesario tener las dos bombas conectadas al no superar los 50 m² de superficie.
- Comprobar el correcto funcionamiento de la bomba (vibración, ruido, etc).
- Comprobar la presión en los manómetros MN-01, MN-03 a MN-11 y MN-12.
- Ajustar las válvulas de equilibrado VE-01 y VE-02.
- Comprobar que la temperatura de la sonda ST-01 es adecuada.
- Comprobar el correcto funcionamiento del purgador PU-01.
- Abrir algún grifo de la instalación de ACS para comprobar el correcto funcionamiento del circuito.

Cambio de verano a invierno

- Asegurarse que la bomba BH-01 está desconectada de la corriente eléctrica.
- Cerrar las válvulas de bola VT-00 y VT-10.
- Abrir las válvulas de bola VT-13 a VT-19, VT-20, VT-21 y VT-00.
- Abrir las válvulas VT-24 a VT-29.
- Terminar de llenar el circuito con la mezcla adecuada a traves de las válvulas VT-01 y VT-02, asegurarse que los purgadores PU-01 a PU-10 están abiertos, e introducir el fluido caloportador a la presión establecida a la memoria.
- Programar la centralita de regulación CR-01 para la temporada de invierno.
- Conectar las bombas BH-01 y BH-02, comprobando el correcto funcionamiento de ambas.



- Comprobar la presión en los manómetros MN-03 a MN-12.
- Ajustar las válvulas de equilibrado VE-01 a VE-09 con los valores establecidos en la memoria.
- Comprobar que la temperatura en la sonda ST-01 es correcta.
- Comprobar el funcionamiento de los purgadores PU-01 a PU-10.
- Abrir algún grifo de agua caliente del edificio para comprobar que la instalación solar aporta energía térmica al depósito de ACS.
- Comprobar que la calefacción puede funcionar sin el apoyo de la caldera de gasoil, solo con energía solar.
- Verificar que la temperatura en los depósitos se consigue con normalidad, y que una vez se llegan a los máximos diseñados, se hace by-pass a través de la electroválvula según las ordenes de la centralita de regulación.

4.2.2. Medio ambiente.

El propilenglicol es una sustancia de carácter inocuo para el medio ambiente, que no supone ningún peligro para la salud de las personas ni de los otros seres vivos y que es biodegradable en 30 días.

No obstante, se habrán de evitar derrames incontrolados de este producto, y en caso de fugas se habrá de solucionar inmediatamente la anomalía, deteniendo el funcionamiento de la instalación solar.

En ningún caso se verterá ningún tipo de fluido con una temperatura superior a los 95°C, temperatura a la que está calibrada la válvula de vaciado del depósito acumulador. Un fluido a esta temperatura en cantidades controladas no supone ningún peligro, teniendo en cuenta que tan solo se prevé la posibilidad de llegar a la temperatura de vaciado durante los meses de julio y agosto.

El hecho de utilizar energía proveniente del Sol para calentar agua, evita que se utilicen otros medios de obtención de energía contaminantes, y de la misma manera, se evita, indirectamente, la emisión de dióxido de carbono.



Una de las razones por las cuales es necesario limitar las emisiones de CO₂ es el cumplimiento del Protocolo de Kyoto (ver apartado 1.0 de la memoria).

Esto representa una pequeña mejora a escala global, pero es un gran paso para una situación energética más sostenible que la actual, donde el uso de energías renovables sea más elevado, reduciendo así las dosis de gases de efecto invernadero hacia la atmósfera, y contribuyendo así con una mejora del medio ambiente.

4.2.3. Mantenimiento de las bombas de circulación.

Este apartado se refiere al mantenimiento de las bombas de circulación BH-01 y BH-02. La primera pertenece a la zona 1, es decir, al circuito primario, mientras que la segunda pertenece a la zona 4, al circuito de calefacción.

4.2.3.1. Puestas en marcha.

En la puesta en marcha se llenará y purgará adecuadamente la bomba y las condiciones de aspiración e impulsión. Hay que purgar la bomba mediante el tornillo de purga y parar cuenta en no utilizar la bomba en seco para no dañar el cerramiento metálico.

Para evitar ruidos y posibles daños de la bomba debido a la cavitación, se conseguirá, a la entrada de la bomba, una presión mínima de aspiración. Esta presión depende de la situación de trabajo, así como el punto de trabajo de la bomba. Los parámetros fundamentales para determinar la presión mínima de aspiración son el valor MPS de la bomba en su punto de trabajo y la presión del vapor del medio de impulsión.

Hay que conectar la bomba brevemente para comprobar si el sentido de giro coincide con el de la flecha de la carcasa de la bomba. Si no coincide hay que proceder de la siguiente forma:

- En caso de arranque directo; hay que intercambiar las fases en el tablero de los bornes del motor.
- En caso de arranque estrella-triángulo; hay que intercambiar en el tablero de los bornes del motor el principio y final de dos bobinas.

Una vez conectada, hay que comprobar mediante las lecturas del manómetro que la presión se adapta a los valores de la memoria.



4.2.3.2. Mantenimiento.

El cerramiento mecánico no requiere ningún tipo de mantenimiento. Durante la fase de rodaje, puede gotear ligeramente. No obstante, hace falta supervisarlos de tanto en tanto para comprobar que no exista ninguna fuga de importancia.

En caso de que sea necesario cambiar el cerramiento mecánico de la bomba, en primer lugar hace falta desconectarla de la alimentación eléctrica y asegurarse que nadie pueda volver a conectarla involuntariamente.

Después se procederá siguiendo los siguientes pasos:

- Cerrar las válvulas de cierre de delante y detrás de la bomba.
- Desembornar el motor (si el hilo es tan corto que no permite el desmontaje).
- Desenroscar los tornillos de la brida del motor e extraer este último.
- Sacar el tornillo y la arandela de entrada.
- Extraer el rodillo del eje.
- Extraer el cerramiento mecánico con la camisa del eje y la junta tórica.
- Sacar el anillo fijo de la brida del motor y limpiar la superficie de asiento.
- Limpiar con cuidado la superficie de apoyo del eje. Si este está desgastado, hay que cambiarlo.
- Introducir un nuevo anillo fijo con su correspondiente apoyo de goma nueva, utilizando jabón convencional como lubricante.
- Poner una junta tórica nueva en la correspondiente ranura de la nueva camisa y hacer correr esta última con el nuevo cerramiento mecánico sobre el eje hasta el tope. La camisa y el cerramiento mecánico están premontados y no han de separarse.
- Volver a montar el rodillo con la arandela de entrada y el caracol.
- Volver a introducir el conjunto motor-rodillo en la carcasa de la bomba, colocar una junta plana nueva y apretar los tornillos.

Los rodillos no requieren mantenimiento, pero en caso que estos produzcan ruido o vibraciones anormales, hará falta sustituirlos para evitar desgastes.



4.2.4. Mantenimiento de las unidades terminales (aerotermos).

La adaptación de la emisión energética de un aerotermos a las necesidades del local donde está instalado, se puede mejorar con la utilización de válvulas termostáticas, y aún mejor con la utilización de las de doble reglaje, que presentan la ventaja de poder realizar una regulación previa y fija del caudal del fluido que pasa por los aerotermos. Anualmente se debe limpiar cuidadosamente, junto con las válvulas de cerramiento, para evitar el tan frecuente agarrotamiento.

Los aerotermos se montan de manera que las posibles bolsas de aire que se acumulan puedan ser eliminadas de forma natural hasta la red de distribución. Pero a pesar de este tipo de montajes, en estas unidades terminales se montan purgadores, que se usan en cada puesta en funcionamiento para eliminar las posibles bolsas de aire, como durante el funcionamiento normal de la instalación se puede desprender más del disuelto al fluido, es conveniente establecer un programa mensual de purgado de las unidades terminales, ya que la existencia de bolsas de aire provoca una reducción del caudal que pasa por la unidad que se traduce en una pérdida de emisión calorífica.

Antes de proceder a la unión de una unidad terminal, hay que realizar una limpieza de la misma a fondo, prestando especial atención a su conexión, ya que las cascarillas de metal más nobles que el hierro, procedentes de las roscas de las válvulas, pueden producir la aparición de fugas de agua.

Cuando la unidad terminal presenta inconvenientes en su emisión, puede venir provocado por bolsas de aire en su interior, esto se resuelve purgando, o, si se obstruye el paso, desmontando la unidad. Cuando el problema se presenta en todas las unidades de una columna, la causa más normal es la obstrucción de la columna o bien un desequilibrio de caudales. En los dos casos se detectan porque la temperatura de retorno de la columna es más baja que la temperatura normal de retorno.



4.2.5. Mantenimiento del vaso de expansión.

La función de un vaso de expansión es mantener en el punto más alto del circuito una presión mayor que la atmosférica para evitar la eventual entrada de aire al circuito a través de juntas o uniones.

Si la instalación está dotada de un vaso de expansión cerrado, se comprobará (a bomba parada) que la presión mínima (temperatura más baja), sea igual, al menos, a la altura del punto más alto de la instalación más un margen de sobrepresión del orden de 2 metros de columna de agua, a fin de evitar que cualquier punto del circuito pueda quedar a presión menor que la atmosférica. Se a de comprobar también, que cuando la temperatura del agua es la más alta posible, la presión máxima a la que se llega es inferior a la presión máxima de funcionamiento del elemento o equipo que la tenga más baja en toda la instalación, y que a su vez, es inferior a la presión de tara de las válvulas de seguridad.

De no cumplirse estos requisitos, el volumen del vaso es demasiado pequeño, debiéndose sustituir por otro más grande o colocar otro en paralelo con el ya existente.

El vaso de expansión abierto instalará a una cota geométrica del orden de 2 metros superior a la del punto más alto del circuito. Si el vaso es de volumen reducido, cuando el agua se dilate por efecto de la temperatura, se perderá a través del rebosado. Al enfriarse se producirá una reposición de agua de idéntica cantidad a la perdida, con el consiguiente peligro de corrosión e incrustaciones.

4.2.6. Mantenimiento de las tuberías.

Las tuberías tienen por misión establecer una red que permita la circulación del fluido caloportador desde la central de producción de frío o de calor hasta las unidades térmicas y el retorno a esta una vez cedido o absorbido la cantidad de calor precisa. Los materiales más usualmente utilizados en climatización son el acero negro, acero galvanizado, cobre, PVC y plásticos especiales (polietileno, etc.).

El buen funcionamiento de una red de tuberías puede ser afectada por los siguientes factores:

- Corrosión.
- Incrustaciones.



- Golpes de ariete.
- Estanquidad.
- Soportes.
- Dilataciones.
- Aislamiento térmico.

A continuación se examinará cada uno de los factores anteriormente citados.

Corrosión

Representa el mayor problema de mantenimiento de una red de tuberías, cuando estas se fabrican con materiales metálicos, en particular acero negro o galvanizado. La corrosión interior está motivada fundamentalmente por el oxígeno disuelto en el agua.

Lógicamente, en circuitos cerrados herméticamente, la corrosión se termina rápidamente al consumirse el oxígeno presente en el agua, pero en circuitos abiertos, la corrosión continúa al aportarse continuamente oxígeno, hasta llegar a la perforación de la tubería.

En el campo de la climatización no existen circuitos herméticamente cerrados, ya que existen pérdidas de agua a través de prensas, uniones, purgas, etc., pero en circuitos de agua refrigerada o caliente no se presentan usualmente grandes problemas de corrosión.

Si la tubería está enterrada, está expuesta a corrosión, en especial si el terreno es húmedo y de naturaleza ácida. En estas condiciones, las tuberías han de estar aisladas del terreno por medio de soportes o enfundada en una cubierta estanca al agua, en ambos casos, es aconsejable que la galería por donde pasa la tubería esté convenientemente drenada.

En cuanto a la corrosión provocada por corrientes eléctricas, puede eliminarse mediante la adecuada protección catódica de la tubería, utilizando ánodos de sacrificio.

Incrustaciones.

Si las pérdidas de agua en una instalación son importantes, y el agua de reposición contiene en gran cantidad sales de calcio y magnesio, se producen en las tuberías y elementos del circuito, en particular en los lugares donde existen calentamientos del fluido, incrustaciones que van



obstruyendo poco a poco la tubería. Para eliminar los efectos nocivos provocados, lo más eficaz es actuar sobre la causa que hace necesaria la introducción del agua de reposición.

En determinadas ocasiones, caso de circuitos abiertos, como el de agua sanitaria, o semiabiertos, como torres de refrigeración o condensadores evaporativos, donde no se puede evitar la entrada de agua de reposición, la única forma de evitar las incrustaciones es el tratamiento del agua antes de su introducción al circuito, mediante las operaciones que sean descritas posteriormente.

Si por falta de tratamiento de agua o un inadecuado mantenimiento se producen incrustaciones en un circuito, pueden ser eliminadas mediante métodos mecánicos o químicos. Los primeros pueden realizarse solamente en aquellas partes de la instalación que puedan ser accesibles, realizándose normalmente la limpieza mediante escobillas de acero, ya sea de forma manual o automática. En muchas ocasiones, la limpieza interior de una red de tuberías se realiza mediante una solución ácida conjuntamente con sustancias inhibidoras, que se bombean a través del circuito con características controladas de concentración, temperatura, tiempo de permanencia, etc. Posteriormente se eliminará la solución ácida del circuito, introduciendo una neutralización y terminando la operación con una limpieza con agua limpia.

Otra manera para realizar el tratamiento de las incrustaciones existentes en el circuito y evitar su formación es el conocido tratamiento magnético, consistente en la inserción al circuito de un tramo de tuberías de longitud variable, previsto de un imán permanente o un electroimán, que produce un campo magnético radial o longitudinal que modifica la estructura molecular de las sales disueltas, depositadas en forma de bolsas, fácilmente eliminables en las zonas de menor velocidad del agua. Este tratamiento actúa también sobre las incrustaciones existentes antes de la colocación del campo magnético, despegándolas de la superficie interior y facilitando su eliminación.

Se ha de recordar que las incrustaciones, aparte de reducir la sección libre de las tuberías y elementos del circuito, producen un efecto de aislamiento térmico que reduce el intercambio térmico tanto de generadores como de unidades terminales, que en determinadas ocasiones puede dar lugar a la destrucción del equipo por sobrecalentamiento como en el caso de calderas. En todo caso, las incrustaciones se traducen siempre en un mayor consumo energético y una disminución del calor útil transferido, además de una disminución de la vida útil de la instalación.



Golpe de ariete.

En las instalaciones de agua sanitaria, así como en redes de distribución de vapor, se presenta con frecuencia el fenómeno conocido con el nombre de golpe de ariete, que tiene lugar cuando una corriente cambia bruscamente de velocidad. Si el fenómeno se produce a causa del cerramiento rápido de una válvula, se ha de colocar un limitador de velocidad de cerramiento o instalarse cámaras de aire para absorber las sobrepresiones producidas en la red, siendo el dimensionado y estudio de estas únicas bastante complicado.

Estanquidad.

Una red de tuberías ha de ser estanca a lo largo de su vida útil, con el fin de reducir el consumo de agua y el coste del correspondiente tratamiento en el agua de reposición. Para conseguir la estanquidad es fundamental la unión de tuberías y elementos de la red, que pueda realizarse mediante uniones roscadas o bridas.

El primer caso, que se utiliza usualmente para diámetros de hasta 40 mm, si estas uniones no están perfectamente ejecutadas, pueden dar lugar a pérdidas muy importantes de fluido.

La unión por bridas está constituida por dos bridas, la correspondiente junta y los tornillos de sujeción y cerramiento, como es lógico, las dos bridas han de estar construidas bajo las especificaciones de una misma norma y dimensionarse para la máxima presión de trabajo del sistema.

Las juntas, por su parte, pueden ser de goma o de mezcla de amianto (en el campo de la climatización), las primeras pueden aguantar temperaturas del orden de 120°C y las segundas pueden llegar a temperaturas de hasta 400°C.

Un punto importante es la presión que hay que ejercer sobre la junta, ya que de ella depende realmente la estanquidad del sistema. En las juntas de goma se ha de llegar, al menos, a presiones de 275 bars y de 800 bares para las de amianto.

Soportes y dilataciones.

Una red de tuberías debe estar correctamente soportada y ser libre de dilatarse o contraerse con las variaciones de temperatura. Los puntos fijos han de estar anclados fuertemente a la estructura del edificio, instalándose entre dos puntos fijos de un elemento que permita la



dilatación o contracción de la tubería, separándose los soportes de manera que no se supere el valor de 0,2% de la flecha de la tubería.

La libre dilatación de la tubería entre dos puntos fijos, puede conseguirse mediante la colocación de rodets entre tuberías y soportes intermedios, o bien haciendo flexibles estos últimos mediante muelles.

Es evidente que las tuberías deben estar dotadas de soportes a cada lado de los elementos de gran peso, que pueden ir intercalados en la red, caso de bombas en línea, grandes válvulas, etc.

Se a de señalar que muchos de los ruidos que se producen en una red de tuberías son producidos por la dilatación cuando no puede producirse libremente. Otra fuente de ruidos puede ser la presencia de bolsas de aire en el circuito, lo que puede resolverse mediante la colocación de purgadores en la red de tuberías. A pesar de esto, el ruido provocado por un exceso de velocidad de fluido en la instalación, puede resolverse únicamente ampliando el diámetro de las tuberías.

Se debe prestar especial atención a la colocación de soportes a las tuberías de plástico, ya que la dilatación de este tipo de material es muy superior al de las tuberías de acero, a iguales condiciones de funcionamiento.

Aislamiento térmico.

El aislamiento térmico de tuberías y equipos se a de mantener en condiciones optimas ya que es fundamental para el ahorro de energía. Un buen aislamiento a de poseer las siguientes condiciones:

- Espesor y características adecuadas a las temperaturas de trabajo.
- Resistir los esfuerzos mecánicos normales.
- Estar firmemente unido a la superficie recubierta por el aislamiento.
- Uniones ajustadas y sobrepuestas si son de varia capas.
- Estar protegido exteriormente contra la penetración de agua.
- Estar protegido exteriormente de sollicitaciones mecánicas anormales.
- Estar protegido con una barrera antivapor cuando el fluido está a temperaturas inferiores al ambiente.



Un buen mantenimiento consiste fundamentalmente en la corrección inmediata de los defectos que pueden alterar las características anteriormente nombradas, así como aislar todos aquellos elementos de la instalación que no lo estén, siendo conveniente que estos aislamientos sean desmontables a fin de poder proceder a una eventual reparación de estos elementos sin necesidad de dañar irreparablemente el aislamiento.

4.2.7. Mantenimiento de las válvulas.

El mantenimiento de los diferentes tipos de válvulas es muy sencillo, consiste esencialmente en las siguientes operaciones:

- Lubricar la rosca del caracol.
- Cambiar la empaquetadura.
- Cambiar la junta del asiento.
- Esmerilar el obturador sobre el asiento.

Normalmente estas operaciones pueden realizarse sin necesidad de desmontar el cuerpo de la válvula de la tubería.

4.2.8. Protección contra el hielo y la falta de circulación de agua.

Para conseguir evitar la formación de hielo en el circuito, motivado por las condiciones climatológicas extremas, se utilizan comúnmente estas soluciones:

1. Vaciar el agua de la instalación.
2. Introducir sustancias anticongelantes, hasta bajar el punto de solidificación de la mezcla hasta temperaturas extremas que no se lleguen normalmente en el ambiente exterior.
3. Calentar el entorno del equipo o tubería a temperaturas superiores a la de congelación del fluido caloportador.

La primera solución no garantiza un drenaje completo, dado que las tuberías son normalmente largas y de pequeño diámetro, y no pueden diseñarse las baterías con pendientes hasta un punto de vaciado, por lo que solo pueden conseguirse, en muchas ocasiones, el vaciado completo con la ayuda de aire comprimido.



Referido a la segunda solución, la adición de sustancias anticongelantes, se a de tener muy presente que su introducción reduce el coeficiente de transmisión de calor, a parte que aumenta la potencia absorbida por la bomba.

La última solución presenta un desaprovechamiento energético importante; en el caso de tuberías puede utilizarse una resistencia eléctrica, tipo cable o cinta enrollada sobre la tubería y por debajo del aislamiento.

Se a de considerar que el dispositivo de protección contra el hielo se ha de considerar como la última protección del equipo, por lo que este no ha de estar nunca forzado ha funcionar cuando se ha disparado el dispositivo de seguridad. En cualquier caso, los dispositivos de seguridad se han de rearmar manualmente y antes de poner en funcionamiento la instalación de ha de investigar y corregir la causa motivante del accionamiento de la protección; esto es válido para cualquier dispositivo de seguridad sea cual sea esta y para cualquier equipo que proteja.

Los puntos de una instalación a los que hay que prestar atención debido al problema de formación de hielo son:

- Baterías sobre las que pueden circular aire a temperaturas inferiores a 0°C.
- Tuberías situadas en espacios no calefactados o al exterior.
- Vasos de expansión instalados en la cubierta del edificio.

Se a de hacer constar que el aislamiento térmico solamente sirve para retardar la formación de hielo, en un tiempo que depende, evidentemente, del espesor del aislamiento y de las temperaturas exteriores.

4.2.9. Regulación y control.

Dada la variación sustancial que presentan los sistemas de control, no es posible dar indicaciones específicas para el mantenimiento de estas instalaciones, por esto se incluyen a continuación normas de carácter general. Hay que recordar en todo momento la gran importancia que los sistemas de regulación y control tienen en el correcto funcionamiento de las instalaciones de climatización con el ahorro energético.

Una primera comprobación que hay que realizar periódicamente, es la llegada del fluido de alimentación, en condiciones correctas al sistema, esto significa que en el caso de sistemas eléctricos hay que comprobar la tensión.



Así mismo hay que limpiar periódicamente las sondas y los reguladores ya que la suciedad puede alterar las mediciones del fenómeno a controlar, así como el funcionamiento de los órganos reguladores.

Se a de comprobar, al meno usualmente, el correcto funcionamiento de los sistemas de control, actuando ya sea sobre el elemento sensor o sobre el regulador, y comprobando que el actuador se mueva en el sentido correcto, y entre sus posiciones extremas.

Referido a los elementos sobre los que se realiza la función de actuador, válvulas y compuertas, el mantenimiento se reduce a la comprobación de su estanquidad.

Se a de tener especial atención con los aparatos de alarma y seguridad, ya que de su buen funcionamiento depende no solamente la integridad de los aparatos de la instalación, sino también, y en determinadas ocasiones, la persona encargada del mantenimiento. Se ha de comprobar que el punto de acción del correspondiente elemento se mantenga en el valor prefijado y que la actuación del órgano controlado sea la correcta.

4.3. HOJAS DE ESPECIFICACIÓN

En este apartado, se establecen las especificaciones de los materiales y elementos constituyentes del objeto del proyecto. Los elementos de la instalación de los cuales se ha elaborado una hoja de especificación son los siguientes:

- Colector solar (Tabla 4.1).
- Bomba de circulación del circuito primario (Tabla 4.2).
- Centralita de regulación solar (Tabla 4.3).
- Electroválvulas de 3 vías (Tabla 4.4).
- Válvulas de equilibrado del primario (Tabla 4.5).
- Vaso de expansión del circuito primario (Tabla 4.6).
- Sensor de radiación solar (Tabla 4.7).
- Sonda de temperatura del primario (Tabla 4.8).
- Purgador automático del colector solar (Tabla 4.9).
- Caldera de gasoil (Tabla 4.10)



- Depósito de inercia (Tabla 4.11).
- Sondeas de temperatura del depósito (Tabla 4.12).
- Aerotermos (Tabla 4.13).
- Bomba de circulación de la zona 4 (Tabla 4.14).
- Depósito de ACS (Tabla 4.15).
- Conductos de cobre (Tabla 4.16).
- Manómetro vertical (Tabla 4.17).
- Válvula de bola (Tabla 4.18).
- Válvula de retención (Tabla 4.19).
- Válvula de seguridad regulable (Tabla 4.20).
- Válvula reductora de presión (Tabla 4.21).
- Filtro de partículas sólidas (Tabla 4.22).
- Aislamiento de conductos (Tabla 4.23).
- Soporte colector solar (Tabla 4.24).



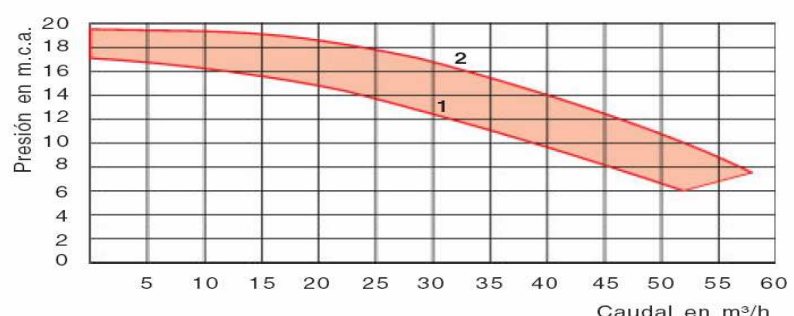
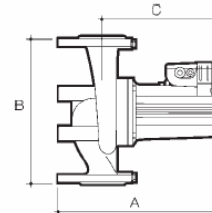
Proyecto: Diseño de la instalación de calefacción y ACS, mediante energía solar térmica, en un polideportivo de Fraga.	Nombre: Colector solar.	Marca: SWISS
	Código: CS-01 a CS-90	Modelo: XX-SEL
Función: Transformar la radiación solar en energía térmica.		
Datos técnicos: Superficie total: 2,16 m ² Superficie útil: 2,0 m ² Capacidad: 2,6 L/m ² Peso (en vacío): 52 kg Absorción: >0,94 Emisividad: <0,07 Tonalidad: negro Curva de rendimiento: $\eta = 0,848 - 3,93 \frac{T_e - T_a}{I_s} - 0,0186 \frac{(T_e - T_a)^2}{I_s}$	Esquema/Imagen: 	
Parámetros de diseño: Caudal de fluido por colector: 14,364x10 ⁻³ kg/sm ² Temperatura entrada: 55°C Temperatura de salida (media anual): 65°C Caída de presión por colector: 44 mmca		
Materiales de construcción: Tratamiento selectivo; cromo negro, Cubierta; cristal “low-airon” altamente transparente, Carcasa; aluminio, Aislamiento; poliuretano inyectado, Conexiones; 2xØ1/2”		
Fluido Caloportador: Mezcla acuosa al 30% en masa de propilenglicol (28% en volumen). Punto de Congelación: -14°C Densidad: 1,026 kg/m ³ Calor específico: 3.914,7 J/kg°C Viscosidad dinámica: 0,95x10 ⁻³ Pa·s Punto ebullición a presión atmosférica: 102,22°C Denominación comercial: Hartgard (casa comercial Solahart)		

Tabla 4.1. Hoja de especificaciones del colector solar.

Proyecto: Diseño de la instalación de calefacción y ACS, mediante energía solar térmica, en un polideportivo de Fraga.	Nombre: Bomba de circulación del circuito primario.	Marca: ROCA																								
	Código: BH-01 y BH-02	Modelo: SC-80-H																								
Función: Impulsar el fluido caloportador del circuito primario hacia los colectores y los serpentines de intercambio.																										
Datos técnicos: Bomba centrífuga de rotor sumergido Selector de dos velocidades Juntas tóricas Motor bi-tensión 230-400 V (solo trifásico) Presión máxima de trabajo: 10 bar Potencia máxima: 3.550 W r.p.m. máxima: 2.900 Temperatura trabajo: -20°C a 130°C	Esquema/Imagen: 																									
Diagrama característico: <div>SC-80-H <table><caption>Approximate data points from the SC-80-H performance graph</caption><thead><tr><th>Caudal en m³/h</th><th>Presión en m.c.a. - Curve 1</th><th>Presión en m.c.a. - Curve 2</th></tr></thead><tbody><tr><td>0</td><td>18</td><td>19</td></tr><tr><td>10</td><td>17</td><td>18</td></tr><tr><td>20</td><td>15</td><td>17</td></tr><tr><td>30</td><td>12</td><td>15</td></tr><tr><td>40</td><td>9</td><td>12</td></tr><tr><td>50</td><td>6</td><td>9</td></tr><tr><td>60</td><td>4</td><td>7</td></tr></tbody></table></div>			Caudal en m³/h	Presión en m.c.a. - Curve 1	Presión en m.c.a. - Curve 2	0	18	19	10	17	18	20	15	17	30	12	15	40	9	12	50	6	9	60	4	7
Caudal en m³/h	Presión en m.c.a. - Curve 1	Presión en m.c.a. - Curve 2																								
0	18	19																								
10	17	18																								
20	15	17																								
30	12	15																								
40	9	12																								
50	6	9																								
60	4	7																								
Materiales de construcción: carcasa de fundición rojo, rotor de polipropileno reforzado con fibra de vidrio, eje de acero al cromo, cojinetes de grafito autolubricados.																										

Dimensiones:**Dimensiones y Características Técnicas****SC**

Modelos	Tensión Trifásica V	Velocidad Posición	Intensidad A		Potencia absorbida max. W	Veloc. r.p.m.	Peso kg	Cotas en mm						
			230V	400V				A	B	C	D	Ø E	F	
SC-50	230/400	1	0,95	0,80	475	1.930	19	306	280	223	165	2"	125	
		2	1,60	1,05	620	2.260								
		3	2,55	1,50	810	2.600								
SC-65	230/400	1	1,25	1,05	610	2.200	26	349	340	256	185	2 1/2"	145	
		2	2,05	1,30	750	2.510								
		3	2,90	1,65	870	2.810								
SC-80-L	230/400	1	2,25	1,75	980	2.240	31	358	360	258	200	3"	160	
		2	3,35	2,15	1.260	2.490								
		3	4,85	2,80	1.530	2.780								
SC-80-M	230/400	1	5,60	3,25	1.900	2.480	46	403	360	294	200	3"	160	
		2	10,70	6,20	2.600	2.880								
SC-80-H	230/400	1	7,80	4,50	2.600	2.500	48	403	360	294	200	3"	160	
		2	12,70	7,30	3.550	2.900								

**Tabla 4.2. Hoja de especificaciones de la bomba de circulación del circuito primario.**


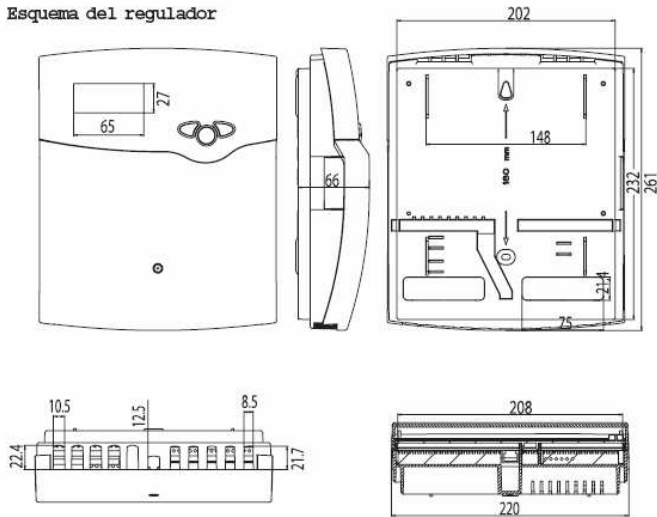
Proyecto: Diseño de la instalación de calefacción y ACS, mediante energía solar térmica, en un polideportivo de Fraga.	Nombre: Centralita de regulación solar.	Marca: RESOL
	Código: CR-01	Modelo: DeltaSol M
Función: Recoger información de los diferentes sensores de la instalación solar y regular el funcionamiento de la misma.		
Datos técnicos: Numero de entradas: 12. Numero de salidas: 9. Teclado: 3 pulsadores frontales. Alimentación: 210-250 V / 50-60 Hz. Tipo de Protección: IP 20 / DIN 40 050. Montaje: En pared o en cuadro.	Esquema/Imagen: 	
Materiales de construcción: Plastico, PC-ABS, PMMA.		
Dimensiones: 		

Tabla 4.3. Hoja de especificaciones de la centralita de regulación solar.


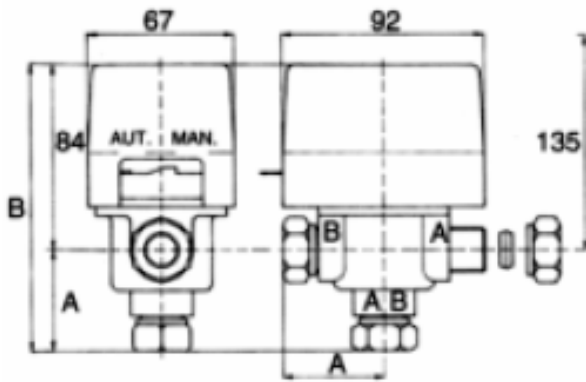
Proyecto: Diseño de la instalación de calefacción y ACS, mediante energía solar térmica, en un polideportivo de Fraga.	Nombre: Electroválvula de tres vías.	Marca: Salvador Escoda
	Código: ET-01	Modelo: SF 25
Función: Dejar circular, o no, el fluido caloportador hacia el serpentín de lo depósitos, según las ordenes de la centralita de regulación solar.		
Datos técnicos: Válvula motorizada de tres vías. Motor: 230 V 50 Hz. Consumo: 5-6 W Temperatura trabajo: de 5°C a 110 °C Temperatura ambiente máxima: 60°C Presión estática maxima: 1.000 kPa Tiempo de abertura nominal: 20 s Tiempo de cierre nominal: 6s Long. del cable: 55 cm Conexiones: 1”	Esquema/Imagen: 	
Materiales de construcción: cubierta y cuerpo de latón estampado, obturador a esfera EPDM, juntas vitón, muelle de retorno de acero inox. y tapa servomotor ABS.		
Dimensiones: 		

Tabla 4.4. Hoja de especificaciones de la electroválvula de tres vías.

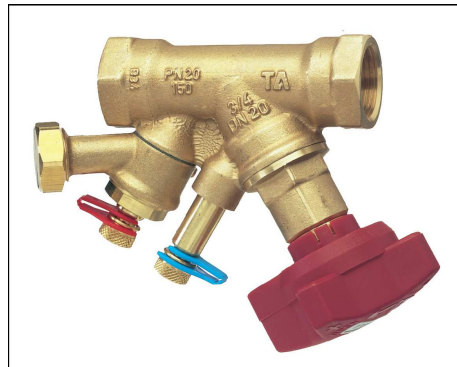
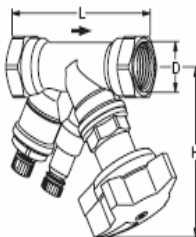
Proyecto: Diseño de la instalación de calefacción y ACS, mediante energía solar térmica, en un polideportivo de Fraga.	Nombre: Válvula de equilibrado del circuito primario	Marca: TOUR&ANDERSON																																																								
	Código: VE-01 a VE-38	Modelo: Stad																																																								
Función: Equilibrar hidráulicamente el circuito primario.																																																										
Datos técnicos: Preajuste del caudal Tomas de presión auto-escancas Conexión: 1” Temperatura de trabajo: desde –20°C a 120°C	Esquema/Imagen: 																																																									
Materiales de construcción: membrana de caucho sintético y carcasa de acero.																																																										
Dimensiones: 	<table><tr><th>Núm TA</th><th>DN</th><th>D</th><th>L</th><th>H</th><th>Kvs</th><th>Kg</th></tr><tr><td>52 151-009*</td><td>10/09</td><td>G3/8</td><td>83</td><td>100</td><td>1,47</td><td>0,58</td></tr><tr><td>52 151-014*</td><td>15/14</td><td>G1/2</td><td>90</td><td>100</td><td>2,52</td><td>0,62</td></tr><tr><td>52 151-020*</td><td>20</td><td>G3/4</td><td>97</td><td>100</td><td>5,70</td><td>0,72</td></tr><tr><td>52 151-025</td><td>25</td><td>G1</td><td>110</td><td>105</td><td>8,70</td><td>0,88</td></tr><tr><td>52 151-032</td><td>32</td><td>G1 1/4</td><td>124</td><td>110</td><td>14,2</td><td>1,2</td></tr><tr><td>52 151-040</td><td>40</td><td>G1 1/2</td><td>130</td><td>120</td><td>19,2</td><td>1,4</td></tr><tr><td>52 151-050</td><td>50</td><td>G2</td><td>155</td><td>120</td><td>33,0</td><td>2,3</td></tr></table>		Núm TA	DN	D	L	H	Kvs	Kg	52 151-009*	10/09	G3/8	83	100	1,47	0,58	52 151-014*	15/14	G1/2	90	100	2,52	0,62	52 151-020*	20	G3/4	97	100	5,70	0,72	52 151-025	25	G1	110	105	8,70	0,88	52 151-032	32	G1 1/4	124	110	14,2	1,2	52 151-040	40	G1 1/2	130	120	19,2	1,4	52 151-050	50	G2	155	120	33,0	2,3
Núm TA	DN	D	L	H	Kvs	Kg																																																				
52 151-009*	10/09	G3/8	83	100	1,47	0,58																																																				
52 151-014*	15/14	G1/2	90	100	2,52	0,62																																																				
52 151-020*	20	G3/4	97	100	5,70	0,72																																																				
52 151-025	25	G1	110	105	8,70	0,88																																																				
52 151-032	32	G1 1/4	124	110	14,2	1,2																																																				
52 151-040	40	G1 1/2	130	120	19,2	1,4																																																				
52 151-050	50	G2	155	120	33,0	2,3																																																				

Tabla 4.5. Hoja de especificaciones de la válvula de equilibrado del circuito primario.

Proyecto: Diseño de la instalación de calefacción y ACS, mediante energía solar térmica, en un polideportivo de Fraga.	Nombre: Vaso de expansión del circuito primario	Marca: ROCA																																																																																											
	Código: VX-01	Modelo: Vasoflex 80																																																																																											
Función: Absorber las variaciones de volumen del fluido calorportador contenido en el circuito primario debido a los cambios de temperatura que este sufre.																																																																																													
Datos técnicos: Vaso de expansión cerrado de membrana fija Temperatura max.: 110°C Capacidad: 80 litros Presión max. de trabajo: 3 bar Peso: 14,1 kg Conexión: ¾” Gas contenido en la cámara: nitrógeno	Esquema/Imagen: 																																																																																												
Materiales de construcción: membrana de caucho sintético y carcasa de acero.																																																																																													
Dimensiones: Dimensiones y características técnicas <div><div> 8-12-18 y 25</div><div> 35-50 y 80</div></div> <table><tr><th colspan="13">VASOFLEX</th></tr><tr><th>Capacidades litros</th><th>8</th><th>12</th><th>18</th><th>25</th><th>35</th><th>50</th><th>80</th><th>140</th><th>200</th><th>300</th><th>425</th><th>600</th></tr><tr><td>A mm</td><td>285</td><td>319</td><td>405</td><td>423</td><td>412</td><td>473</td><td>540</td><td>952</td><td>1.296</td><td>1.328</td><td>1.180</td><td>1.508</td></tr><tr><td>B Ø mm</td><td>245</td><td>286</td><td>286</td><td>327</td><td>396</td><td>437</td><td>519</td><td>484</td><td>484</td><td>600</td><td>790</td><td>790</td></tr><tr><td>D Ø orificio conexión</td><td>3/4"</td><td>3/4"</td><td>3/4"</td><td>3/4"</td><td>3/4"</td><td>3/4"</td><td>1"</td><td>1"</td><td>1"</td><td>1"</td><td>1"</td><td>1"</td></tr><tr><td>Peso Kg</td><td>2,2</td><td>2,7</td><td>3,7</td><td>4,5</td><td>6,5</td><td>14,1</td><td>20,2</td><td>33,5</td><td>41</td><td>56,1</td><td>76,4</td><td>92,9</td></tr><tr><td>Presión máxima de trabajo en bar</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>6</td><td>6</td><td>6</td><td>6</td><td>6</td></tr></table>			VASOFLEX													Capacidades litros	8	12	18	25	35	50	80	140	200	300	425	600	A mm	285	319	405	423	412	473	540	952	1.296	1.328	1.180	1.508	B Ø mm	245	286	286	327	396	437	519	484	484	600	790	790	D Ø orificio conexión	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	1"	1"	1"	1"	1"	1"	Peso Kg	2,2	2,7	3,7	4,5	6,5	14,1	20,2	33,5	41	56,1	76,4	92,9	Presión máxima de trabajo en bar	3	3	3	3	3	3	3	6	6	6	6	6
VASOFLEX																																																																																													
Capacidades litros	8	12	18	25	35	50	80	140	200	300	425	600																																																																																	
A mm	285	319	405	423	412	473	540	952	1.296	1.328	1.180	1.508																																																																																	
B Ø mm	245	286	286	327	396	437	519	484	484	600	790	790																																																																																	
D Ø orificio conexión	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	1"	1"	1"	1"	1"	1"																																																																																	
Peso Kg	2,2	2,7	3,7	4,5	6,5	14,1	20,2	33,5	41	56,1	76,4	92,9																																																																																	
Presión máxima de trabajo en bar	3	3	3	3	3	3	3	6	6	6	6	6																																																																																	

Tabla 4.6. Hoja de especificaciones del vaso de expansión del circuito primario.

Proyecto: Diseño de la instalación de calefacción y ACS, mediante energía solar térmica, en un polideportivo de Fraga.	Nombre: Sensor de radiación solar.	Marca: RESOL
	Código: SR-01	Modelo: CS 10
Función: Medir la cantidad de radiación solar incidente sobre el edificio.		
Datos técnicos: Tipo de lectura: instantánea.	Esquema/Imagen: <div data-bbox="1018 633 1295 1151">  </div>	

Tabla 4.7. Hoja de especificaciones del sensor de radiación solar.


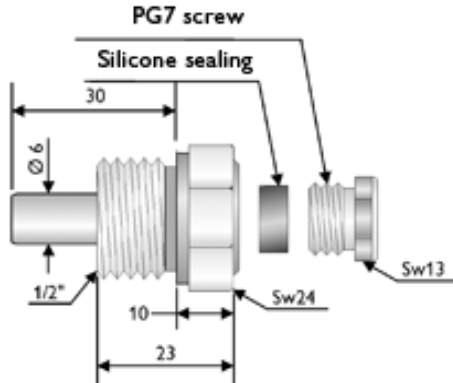
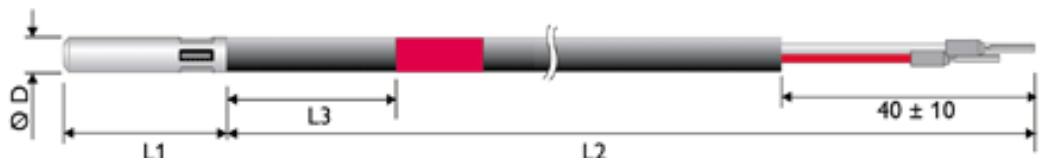
Proyecto: Diseño de la instalación de calefacción y ACS, mediante energía solar térmica, en un polideportivo de Fraga.	Nombre: Sonda de temperatura del primario.	Marca: RESOL
	Código: ST-01	Modelo: T28
Función: Medir la temperatura de retorno de los colectores y enviar la lectura a la centralita de regulación solar.		
Datos técnicos: Tipo de sensor: PT1000 Modelo: FKP 5,5 Campo de medida: -5°C a 70 °C Conexiones: 1" Rosca de alojamiento del sensor: 1/2" Longitud vaina: 30 mm		Esquema/Imagen: 
Dimensiones: Alojamiento del sensor: $D = 6$, $L_1 = 30$, $L_2 = 23$  Sensor: $D = 5,5$, $L_1 = 28$, $L_2 = 1,472$ 		

Tabla 4.8. Hoja de especificaciones de la sonda de temperatura del primario.


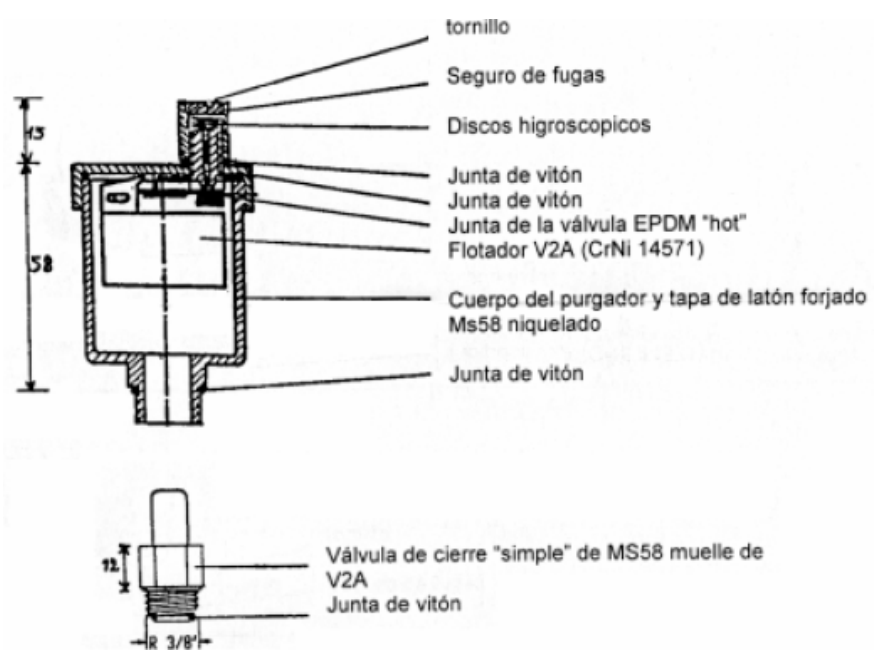
Proyecto: Diseño de la instalación de calefacción y ACS, mediante energía solar térmica, en un polideportivo de Fraga.	Nombre: Purgadores automáticos de los colectores solares	Marca: VOSS
	Código: PU-01 a PU-17	Modelo: PURG-O-MAT 150
Función: Eliminar las bolsas de aire del circuito primario para el buen funcionamiento de la instalación.		
Datos técnicos: Presión de servicio: 10 bar Presión de prueba: 15 bar Temperatura max.: 150°C Conexión: 3/8" m	Esquema/Imagen: 	
Materiales de construcción: boya de acero inoxidable (CrNi 14571), cuerpo de latón forjado Ms58 niquelado, junta de la válvula EDPM y resto de juntas viton (cauxo sintético).		
Dimensiones: 		

Tabla 4.9. Hoja de especificaciones de los purgadores automáticos de los colectores solares.


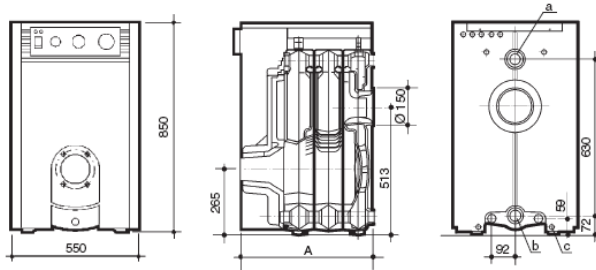
Proyecto: Diseño de la instalación de calefacción y ACS, mediante energía solar térmica, en un polideportivo de Fraga.	Nombre: Caldera de gasoil.	Marca: LIDIA																																																																																
	Código: CL-01	Modelo: LIDIA 40																																																																																
Función: Suministrar la potencia necesaria para la instalación de calefacción cuando los colectores no puedan suministrar energía.																																																																																		
Datos técnicos: Funcionamiento automático. Cámara de combustión de tres pasos. Conexión ida: 1-1/4” Conexión retorno: 1-1/4” Desagüe: ½” Capacidad de agua: 24 litros Rendimiento comb.: 94,0%	Esquema/Imagen: 																																																																																	
Materiales de construcción: cuerpo de caldera de hierro fundido calorifugado con fibra de vidrio, cuadro de control completo CC-131.																																																																																		
Dimensiones: <div><div><div>Dimensiones y Características Técnicas LIDIA</div><div></div></div><div><div>Orificios: a. Ida 1 1/4" (*) b. Retorno 1 1/4" (*) c. Desagüe 1/2". (*) En LIDIA 20 y 25 de 1".</div></div></div>																																																																																		
<table><tr><th rowspan="2">Modelos</th><th colspan="2">Potencia útil</th><th rowspan="2">Rendimiento comb. %</th><th rowspan="2">Número de elementos</th><th rowspan="2">Capacidad agua litros</th><th colspan="2">Pérdida de carga circuito agua mm.c.a.</th><th rowspan="2">Resistencia paso humos mm.c.a. (1)</th><th rowspan="2">Cota mm A</th><th rowspan="2">Peso aprox. kg</th></tr><tr><th>Mínima kcal/h</th><th>Máxima kcal/h</th><th>Δt = 10°C</th><th>Δt = 20°C</th></tr><tr><td>LIDIA 20</td><td>15.000</td><td>17,4</td><td>18.000</td><td>20,9</td><td>93,0</td><td>2</td><td>13</td><td>30</td><td>5</td><td>1,4</td><td>384</td><td>119</td></tr><tr><td>LIDIA 25</td><td>18.000</td><td>20,9</td><td>25.000</td><td>29,1</td><td>93,6</td><td>3</td><td>18,5</td><td>35</td><td>8</td><td>1,8</td><td>504</td><td>155</td></tr><tr><td>LIDIA 35</td><td>25.000</td><td>29,1</td><td>33.000</td><td>38,4</td><td>94,0</td><td>4</td><td>24</td><td>75</td><td>15</td><td>1,9</td><td>624</td><td>189</td></tr><tr><td>LIDIA 40</td><td>33.000</td><td>38,4</td><td>41.500</td><td>48,3</td><td>94,3</td><td>5</td><td>29,5</td><td>100</td><td>23</td><td>1,9</td><td>744</td><td>225</td></tr><tr><td>LIDIA 50</td><td>41.500</td><td>48,3</td><td>50.000</td><td>58,1</td><td>93,5</td><td>6</td><td>35</td><td>145</td><td>38</td><td>2,5</td><td>864</td><td>259</td></tr></table> <p>(1) = A potencia nominal y CO₂ = 13,5%</p>			Modelos	Potencia útil		Rendimiento comb. %	Número de elementos	Capacidad agua litros	Pérdida de carga circuito agua mm.c.a.		Resistencia paso humos mm.c.a. (1)	Cota mm A	Peso aprox. kg	Mínima kcal/h	Máxima kcal/h	Δt = 10°C	Δt = 20°C	LIDIA 20	15.000	17,4	18.000	20,9	93,0	2	13	30	5	1,4	384	119	LIDIA 25	18.000	20,9	25.000	29,1	93,6	3	18,5	35	8	1,8	504	155	LIDIA 35	25.000	29,1	33.000	38,4	94,0	4	24	75	15	1,9	624	189	LIDIA 40	33.000	38,4	41.500	48,3	94,3	5	29,5	100	23	1,9	744	225	LIDIA 50	41.500	48,3	50.000	58,1	93,5	6	35	145	38	2,5	864	259
Modelos	Potencia útil			Rendimiento comb. %	Número de elementos				Capacidad agua litros	Pérdida de carga circuito agua mm.c.a.				Resistencia paso humos mm.c.a. (1)	Cota mm A	Peso aprox. kg																																																																		
	Mínima kcal/h	Máxima kcal/h	Δt = 10°C			Δt = 20°C																																																																												
LIDIA 20	15.000	17,4	18.000	20,9	93,0	2	13	30	5	1,4	384	119																																																																						
LIDIA 25	18.000	20,9	25.000	29,1	93,6	3	18,5	35	8	1,8	504	155																																																																						
LIDIA 35	25.000	29,1	33.000	38,4	94,0	4	24	75	15	1,9	624	189																																																																						
LIDIA 40	33.000	38,4	41.500	48,3	94,3	5	29,5	100	23	1,9	744	225																																																																						
LIDIA 50	41.500	48,3	50.000	58,1	93,5	6	35	145	38	2,5	864	259																																																																						

Tabla 4.10. Hoja de especificaciones de la caldera de gasoil.


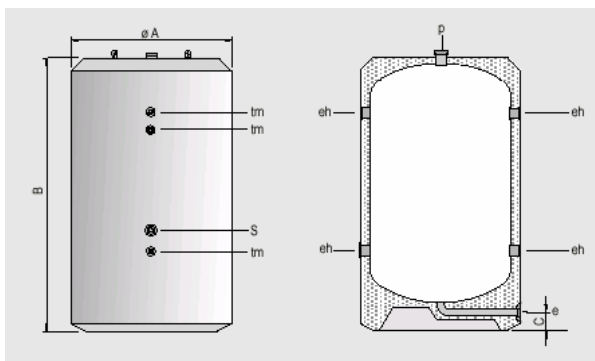
Proyecto: Diseño de la instalación de calefacción y ACS, mediante energía solar térmica, en un polideportivo de Fraga.	Nombre: Depósitos de Inercia.	Marca: LAPESA																																																																																																			
	Código: DA-02 a DA-04	Modelo: MV-4000-I																																																																																																			
Función: Almacenar agua caliente procedente de los colectores o de la caldera para enviarla al circuito de calefacción.																																																																																																					
Datos técnicos: Capacidad: 4.000 L. Temperatura acumulación max.: 110°C Presión máx. de trabajo: 8 bar Conexiones: 1” Resto conexiones: 1-1/2” Peso: 936 kg	Esquema/Imagen: 																																																																																																				
Materiales de construcción: acero St.44.2, aislamiento con espuma de poliuretano inyectado de 80 mm de espesor.																																																																																																					
Dimensiones: 																																																																																																					
<table><tr><th colspan="2">Conexiones / Dimensiones</th><th>MV-1500-I</th><th>MV-2000-I</th><th>MV-2500-I</th><th>MV-3000-I</th><th>MV-3500-I</th><th>MV-4000-I</th><th>MV-5000-I</th></tr><tr><td>Capacidad total</td><td>l.</td><td>1500</td><td>2000</td><td>2500</td><td>3000</td><td>3500</td><td>4000</td><td>5000</td></tr><tr><td>Peso en vacío (aprox.)</td><td>kg.</td><td>374</td><td>446</td><td>625</td><td>694</td><td>762</td><td>936</td><td>1064</td></tr><tr><td>eh: Conexión lateral</td><td>"GAS/H</td><td>4</td><td>4</td><td>4</td><td>4</td><td>4</td><td>4</td><td>4</td></tr><tr><td>e: Conexión lateral</td><td>"GAS/H</td><td>1-1/4</td><td>1-1/4</td><td>1-1/4</td><td>1-1/4</td><td>1-1/4</td><td>1-1/4</td><td>1-1/4</td></tr><tr><td>p: Conexión superior</td><td>"GAS/H</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td></tr><tr><td>tm: Conexión lateral</td><td>"GAS/H</td><td>1/2</td><td>1/2</td><td>1/2</td><td>1/2</td><td>1/2</td><td>1/2</td><td>1/2</td></tr><tr><td>s: Conexión lateral</td><td>"GAS/H</td><td>1-1/2</td><td>1-1/2</td><td>1-1/2</td><td>1-1/2</td><td>1-1/2</td><td>1-1/2</td><td>1-1/2</td></tr><tr><td>Cota A: Diámetro exterior</td><td>mm.</td><td>1360</td><td>1360</td><td>1660</td><td>1660</td><td>1660</td><td>1910</td><td>1910</td></tr><tr><td>Cota B: Longitud total</td><td>mm.</td><td>1850</td><td>2300</td><td>2035</td><td>2325</td><td>2610</td><td>2345</td><td>2750</td></tr><tr><td>Cota C:</td><td>mm.</td><td>175</td><td>175</td><td>155</td><td>155</td><td>155</td><td>155</td><td>155</td></tr></table> <p>(1) Modelos con boca de hombre lateral DN-400, "MV ... IB".</p>			Conexiones / Dimensiones		MV-1500-I	MV-2000-I	MV-2500-I	MV-3000-I	MV-3500-I	MV-4000-I	MV-5000-I	Capacidad total	l.	1500	2000	2500	3000	3500	4000	5000	Peso en vacío (aprox.)	kg.	374	446	625	694	762	936	1064	eh: Conexión lateral	"GAS/H	4	4	4	4	4	4	4	e: Conexión lateral	"GAS/H	1-1/4	1-1/4	1-1/4	1-1/4	1-1/4	1-1/4	1-1/4	p: Conexión superior	"GAS/H	2	2	2	2	2	2	2	tm: Conexión lateral	"GAS/H	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	s: Conexión lateral	"GAS/H	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	Cota A: Diámetro exterior	mm.	1360	1360	1660	1660	1660	1910	1910	Cota B: Longitud total	mm.	1850	2300	2035	2325	2610	2345	2750	Cota C:	mm.	175	175	155	155	155	155	155
Conexiones / Dimensiones		MV-1500-I	MV-2000-I	MV-2500-I	MV-3000-I	MV-3500-I	MV-4000-I	MV-5000-I																																																																																													
Capacidad total	l.	1500	2000	2500	3000	3500	4000	5000																																																																																													
Peso en vacío (aprox.)	kg.	374	446	625	694	762	936	1064																																																																																													
eh: Conexión lateral	"GAS/H	4	4	4	4	4	4	4																																																																																													
e: Conexión lateral	"GAS/H	1-1/4	1-1/4	1-1/4	1-1/4	1-1/4	1-1/4	1-1/4																																																																																													
p: Conexión superior	"GAS/H	2	2	2	2	2	2	2																																																																																													
tm: Conexión lateral	"GAS/H	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2																																																																																													
s: Conexión lateral	"GAS/H	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2																																																																																													
Cota A: Diámetro exterior	mm.	1360	1360	1660	1660	1660	1910	1910																																																																																													
Cota B: Longitud total	mm.	1850	2300	2035	2325	2610	2345	2750																																																																																													
Cota C:	mm.	175	175	155	155	155	155	155																																																																																													

Tabla 4.11. Hoja de especificaciones de los depósitos de inercia.


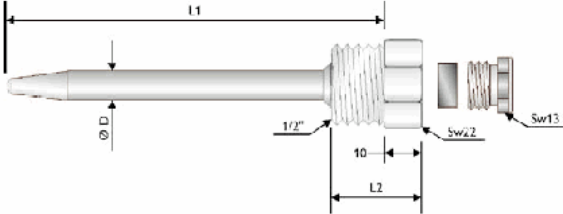
Proyecto: Diseño de la instalación de calefacción y ACS, mediante energía solar térmica, en un polideportivo de Fraga.	Nombre: Depósitos de Inercia.	Marca: RESOL																																																																								
	Código: DA-02 a DA-04	Modelo: FKP 150																																																																								
Función: Medir la temperatura de los depósitos de inercia y de los acumuladores de ACS y enviar la lectura a la centralita de regulación.																																																																										
Datos técnicos: Tipo de sensor: PT 1000 Modelo del sensor: FKP 6 Temperatura de trabajo: -10°C a 80°C Profundidad de inmersión: 150 mm Rosca: 1/2"	Esquema/Imagen: 																																																																									
Dimensiones: 																																																																										
<table><tr><th></th><th>DA [mm]</th><th>DI [mm]</th><th>L1 [mm]</th><th>L2 [mm]</th><th>material del cable</th><th>rango de temperatura</th><th>ref.</th></tr><tr><td>TH30V</td><td>8</td><td>6,2</td><td>30</td><td>23</td><td>acero fino</td><td>-10 ... +180 °C</td><td>280 012 30</td></tr><tr><td>TH45V</td><td>8</td><td>6,2</td><td>45</td><td>23</td><td>acero fino</td><td>-10 ... +180 °C</td><td>280 010 20</td></tr><tr><td>TH60V</td><td>8</td><td>6,2</td><td>60</td><td>23</td><td>acero fino</td><td>-10 ... +180 °C</td><td>280 001 00</td></tr><tr><td>TH60V/4</td><td>5</td><td>4,2</td><td>60</td><td>23</td><td>acero fino</td><td>vainas especiales para FKP4/H</td><td>290 002 20</td></tr><tr><td>TH100V</td><td>8</td><td>6,2</td><td>100</td><td>23</td><td>acero fino</td><td>-10 ... +80 °C</td><td>280 002 10</td></tr><tr><td>TH100V/4</td><td>5</td><td>4,2</td><td>100</td><td>23</td><td>acero fino</td><td>vainas especiales para FKP4/H</td><td>290 002 30</td></tr><tr><td>TH150V</td><td>8</td><td>6,2</td><td>150</td><td>23</td><td>acero fino</td><td>-10 ... +80 °C</td><td>280 002 20</td></tr><tr><td>TH200V</td><td>8</td><td>6,2</td><td>200</td><td>23</td><td>acero fino</td><td>-10 ... +80 °C</td><td>280 002 30</td></tr></table>				DA [mm]	DI [mm]	L1 [mm]	L2 [mm]	material del cable	rango de temperatura	ref.	TH30V	8	6,2	30	23	acero fino	-10 ... +180 °C	280 012 30	TH45V	8	6,2	45	23	acero fino	-10 ... +180 °C	280 010 20	TH60V	8	6,2	60	23	acero fino	-10 ... +180 °C	280 001 00	TH60V/4	5	4,2	60	23	acero fino	vainas especiales para FKP4/H	290 002 20	TH100V	8	6,2	100	23	acero fino	-10 ... +80 °C	280 002 10	TH100V/4	5	4,2	100	23	acero fino	vainas especiales para FKP4/H	290 002 30	TH150V	8	6,2	150	23	acero fino	-10 ... +80 °C	280 002 20	TH200V	8	6,2	200	23	acero fino	-10 ... +80 °C	280 002 30
	DA [mm]	DI [mm]	L1 [mm]	L2 [mm]	material del cable	rango de temperatura	ref.																																																																			
TH30V	8	6,2	30	23	acero fino	-10 ... +180 °C	280 012 30																																																																			
TH45V	8	6,2	45	23	acero fino	-10 ... +180 °C	280 010 20																																																																			
TH60V	8	6,2	60	23	acero fino	-10 ... +180 °C	280 001 00																																																																			
TH60V/4	5	4,2	60	23	acero fino	vainas especiales para FKP4/H	290 002 20																																																																			
TH100V	8	6,2	100	23	acero fino	-10 ... +80 °C	280 002 10																																																																			
TH100V/4	5	4,2	100	23	acero fino	vainas especiales para FKP4/H	290 002 30																																																																			
TH150V	8	6,2	150	23	acero fino	-10 ... +80 °C	280 002 20																																																																			
TH200V	8	6,2	200	23	acero fino	-10 ... +80 °C	280 002 30																																																																			

Tabla 4.12. Hoja de especificaciones de las sonesas de temperatura de los depósitos.


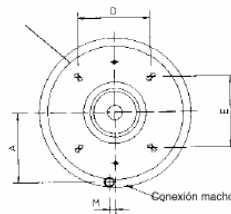
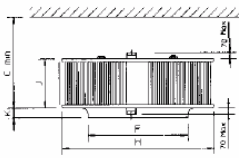

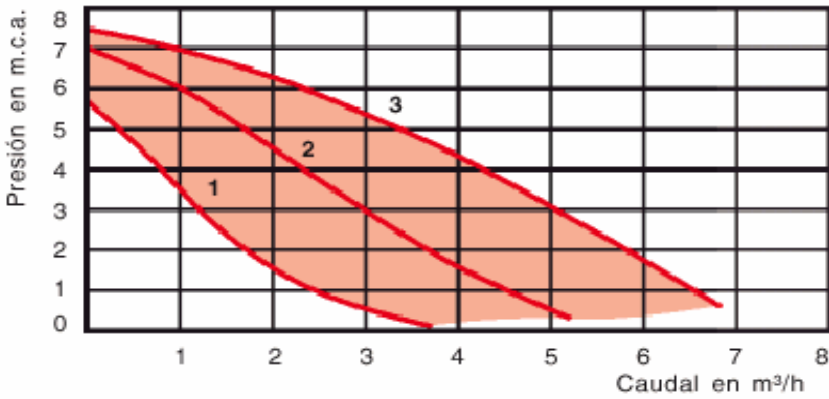
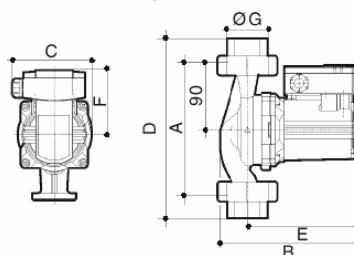
Proyecto: Diseño de la instalación de calefacción y ACS, mediante energía solar térmica, en un polideportivo de Fraga.	Nombre: Aerotermos.	Marca: JUCKER																																																																																																																																																																																																																												
	Código: AT-01 a AT-29	Modelo: X 142																																																																																																																																																																																																																												
Función: Iroporcionar calor a las dependencias de la vivienda para crear un ambiente confortable para sus usuarios.																																																																																																																																																																																																																														
Datos técnicos: Peso: 18,8 Kg Caudal aire: 2600 m³/h Potencia calorífica: a 85°C, 18,7 kW Temperatura salida del aire: 37,6°C Radio de acción: 4,6x11,4x7 Nivel sonoro: 42 dbA Potencia del motor: 0,08 kW Caudal de agua (Δt = 15°C): 1,01 L/h	Esquema/Imagen: 																																																																																																																																																																																																																													
Dimensiones: <div></div> <p>Vista desde lo alto (mod. X 142 - X 222 - X 352 - X 432 - X 552).</p>																																																																																																																																																																																																																														
<table><tr><th>MODELO</th><th>A</th><th>B</th><th>C</th><th>D</th><th>E</th><th>F</th><th>G</th><th>H</th><th>J</th><th>K</th><th>L</th><th>M</th><th>N</th><th>P</th><th>R</th><th>S</th><th>Ø VENT.</th><th>Conexión de agua Ø</th><th>PESO NETO APR. kg</th></tr><tr><td>X 140 -X 141 -X 142</td><td>282</td><td>-</td><td>368</td><td>419</td><td>242</td><td>419</td><td>-</td><td>631</td><td>168</td><td>47</td><td>60</td><td>30</td><td>145</td><td>290</td><td>280</td><td>-</td><td>406</td><td>1 1/4" 1 1/4"</td><td>18,8</td></tr><tr><td>X 220 -X 221 -X 222</td><td>407</td><td>-</td><td>374</td><td>619</td><td>357</td><td>495</td><td>-</td><td>885</td><td>174</td><td>57</td><td>60</td><td>30</td><td>160</td><td>340</td><td>315</td><td>-</td><td>482</td><td>1 1/4" 1 1/4"</td><td>31,8</td></tr><tr><td>X 350 -X 351 -X 352</td><td>407</td><td>-</td><td>450</td><td>619</td><td>357</td><td>495</td><td>-</td><td>885</td><td>250</td><td>57</td><td>60</td><td>30</td><td>160</td><td>340</td><td>315</td><td>-</td><td>482</td><td>1 1/2" 1 1/2"</td><td>43,5</td></tr><tr><td>X 430 -X 431 -X 432</td><td>407</td><td>-</td><td>530</td><td>619</td><td>357</td><td>546</td><td>-</td><td>885</td><td>326</td><td>57</td><td>60</td><td>30</td><td>165</td><td>340</td><td>440</td><td>147</td><td>527</td><td>1 1/2" 1 1/2"</td><td>56,0</td></tr><tr><td>X 550 -X 551 -X 552</td><td>407</td><td>-</td><td>530</td><td>619</td><td>357</td><td>546</td><td>-</td><td>885</td><td>326</td><td>57</td><td>60</td><td>30</td><td>165</td><td>340</td><td>440</td><td>147</td><td>527</td><td>1 1/2" 1 1/2"</td><td>58,0</td></tr><tr><td>X 610 -X 611 -X 612</td><td>508</td><td>-</td><td>673</td><td>610</td><td>405</td><td>571</td><td>-</td><td>1102</td><td>367</td><td>57</td><td>72</td><td>36</td><td>165</td><td>470</td><td>440</td><td>160</td><td>552</td><td>2" 2"</td><td>86,0</td></tr><tr><td>X 710 -X 711 -X 712</td><td>508</td><td>-</td><td>673</td><td>610</td><td>405</td><td>698</td><td>-</td><td>1102</td><td>367</td><td>70</td><td>72</td><td>36</td><td>212</td><td>470</td><td>-</td><td>160</td><td>680</td><td>2" 2"</td><td>99,0</td></tr><tr><td>X 830 -X 831 -X 832</td><td>508</td><td>-</td><td>787</td><td>610</td><td>405</td><td>698</td><td>-</td><td>1102</td><td>481</td><td>70</td><td>72</td><td>36</td><td>212</td><td>470</td><td>-</td><td>160</td><td>680</td><td>2" 2"</td><td>101</td></tr><tr><td>X 940 -X 941</td><td>613</td><td>611</td><td>791</td><td>610</td><td>755</td><td>775</td><td>-</td><td>1310</td><td>485</td><td>77</td><td>-</td><td>-</td><td>212</td><td>550</td><td>-</td><td>166</td><td>755</td><td>2 1/2" 2 1/2"</td><td>130</td></tr><tr><td>X 1040 -X 1041 -X 1042</td><td>610</td><td>-</td><td>791</td><td>610</td><td>755</td><td>775</td><td>-</td><td>1310</td><td>485</td><td>77</td><td>88</td><td>44</td><td>212</td><td>550</td><td>-</td><td>166</td><td>755</td><td>2 1/2" 2 1/2"</td><td>130</td></tr></table>			MODELO	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	P	R	S	Ø VENT.	Conexión de agua Ø	PESO NETO APR. kg	X 140 -X 141 -X 142	282	-	368	419	242	419	-	631	168	47	60	30	145	290	280	-	406	1 1/4" 1 1/4"	18,8	X 220 -X 221 -X 222	407	-	374	619	357	495	-	885	174	57	60	30	160	340	315	-	482	1 1/4" 1 1/4"	31,8	X 350 -X 351 -X 352	407	-	450	619	357	495	-	885	250	57	60	30	160	340	315	-	482	1 1/2" 1 1/2"	43,5	X 430 -X 431 -X 432	407	-	530	619	357	546	-	885	326	57	60	30	165	340	440	147	527	1 1/2" 1 1/2"	56,0	X 550 -X 551 -X 552	407	-	530	619	357	546	-	885	326	57	60	30	165	340	440	147	527	1 1/2" 1 1/2"	58,0	X 610 -X 611 -X 612	508	-	673	610	405	571	-	1102	367	57	72	36	165	470	440	160	552	2" 2"	86,0	X 710 -X 711 -X 712	508	-	673	610	405	698	-	1102	367	70	72	36	212	470	-	160	680	2" 2"	99,0	X 830 -X 831 -X 832	508	-	787	610	405	698	-	1102	481	70	72	36	212	470	-	160	680	2" 2"	101	X 940 -X 941	613	611	791	610	755	775	-	1310	485	77	-	-	212	550	-	166	755	2 1/2" 2 1/2"	130	X 1040 -X 1041 -X 1042	610	-	791	610	755	775	-	1310	485	77	88	44	212	550	-	166	755	2 1/2" 2 1/2"	130
MODELO	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	P	R	S	Ø VENT.	Conexión de agua Ø	PESO NETO APR. kg																																																																																																																																																																																																											
X 140 -X 141 -X 142	282	-	368	419	242	419	-	631	168	47	60	30	145	290	280	-	406	1 1/4" 1 1/4"	18,8																																																																																																																																																																																																											
X 220 -X 221 -X 222	407	-	374	619	357	495	-	885	174	57	60	30	160	340	315	-	482	1 1/4" 1 1/4"	31,8																																																																																																																																																																																																											
X 350 -X 351 -X 352	407	-	450	619	357	495	-	885	250	57	60	30	160	340	315	-	482	1 1/2" 1 1/2"	43,5																																																																																																																																																																																																											
X 430 -X 431 -X 432	407	-	530	619	357	546	-	885	326	57	60	30	165	340	440	147	527	1 1/2" 1 1/2"	56,0																																																																																																																																																																																																											
X 550 -X 551 -X 552	407	-	530	619	357	546	-	885	326	57	60	30	165	340	440	147	527	1 1/2" 1 1/2"	58,0																																																																																																																																																																																																											
X 610 -X 611 -X 612	508	-	673	610	405	571	-	1102	367	57	72	36	165	470	440	160	552	2" 2"	86,0																																																																																																																																																																																																											
X 710 -X 711 -X 712	508	-	673	610	405	698	-	1102	367	70	72	36	212	470	-	160	680	2" 2"	99,0																																																																																																																																																																																																											
X 830 -X 831 -X 832	508	-	787	610	405	698	-	1102	481	70	72	36	212	470	-	160	680	2" 2"	101																																																																																																																																																																																																											
X 940 -X 941	613	611	791	610	755	775	-	1310	485	77	-	-	212	550	-	166	755	2 1/2" 2 1/2"	130																																																																																																																																																																																																											
X 1040 -X 1041 -X 1042	610	-	791	610	755	775	-	1310	485	77	88	44	212	550	-	166	755	2 1/2" 2 1/2"	130																																																																																																																																																																																																											

Tabla 4.13. Hoja de especificaciones de los Aerotermos JUCKER.

Proyecto: Diseño de la instalación de calefacción y ACS, mediante energía solar térmica, en un polideportivo de Fraga.	Nombre: Bomba de circulación de la zona 4.	Marca: ROCA
	Código: BH-03	Modelo: PC-1045
Función: Impulsar el agua caliente de los depósitos de inercia hacia el circuito de calefacción y los aerotermos.		
Datos técnicos: Bomba centrífuga de rotor sumergido Selector de tres velocidades Juntas tóricas Tensión monofásica 230 V Presión máxima de trabajo: 10 bar Potencia máxima: 205 W r.p.m. máxima: 2.420 Temperatura trabajo: -20°C a 110°C	Esquema/Imagen: 	
Diagrama característico: <div>PC-1045 </div>		
Materiales de construcción: carcasa de fundición rojo, rotor de polipropileno reforzado con fibra de vidrio, eje de acero al cromo, cojinetes de grafito autolubricados.		

Dimensiones:**PC**

Modelos	Cotas en mm						Ø G	Peso Kg
	A	B	C	D	E	F		
PC-1025	180	132	93	230	98	77	1" - 1 1/4"	2,60
PC-1035	180	132	93	230	98	77	1 1/4"	2,60
PC-1045	180	189	110	230	150	90	1 1/4"	3,80
PC-1055	180	204	116	230	158	90	1 1/4"	4,20
PC-1065	180	204	116	230	158	90	1 1/4"	4,20

PC-1045, PC-1055 y PC-1065**Tabla 4.14. Hoja de especificaciones de la bomba de circulación de la zona 4.**


Proyecto: Diseño de la instalación de calefacción y ACS, mediante energía solar térmica, en un polideportivo de Fraga.	Nombre: Depósito ACS	Marca: LAPESA																																																																																																																																															
	Código: DA-01	Modelo: MV-2000-SSB																																																																																																																																															
Función: Almacenar agua caliente procedente de los colectores o de la caldera para enviarla al circuito de agua caliente sanitaria.																																																																																																																																																	
Datos técnicos: Capacidad: 2.000 L. Temperatura acumulación max.: 80°C Presión máx. de trabajo: 8 bar Conexiones: 1” Resto conexiones: 1-1/2” Peso: 479 kg Altura total: 2300 mm Diámetro exterior: 1360 mm	Esquema/Imagen: 																																																																																																																																																
Materiales de construcción: acero St.44.2, aislamiento con espuma de poliuretano inyectado de 80 mm de espesor.																																																																																																																																																	
Dimensiones y características:																																																																																																																																																	
<table><tr><td>Kw/e: entrada agua fría/vaciado</td><td>*GAS/M</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr><tr><td>ww: salida A.C.S.</td><td>*GAS/M</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr><tr><td>z: recirculación</td><td>*GAS/M</td><td>1-1/2</td><td>1-1/2</td><td>1-1/2</td><td>1-1/2</td><td>1-1/2</td><td>1-1/2</td><td>1-1/2</td><td>1-1/2</td><td>1-1/2</td></tr><tr><td>kv: entrada circuito calentamiento</td><td>*GAS/M</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td></tr><tr><td>kr: retorno circuito calentamiento</td><td>*GAS/M</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td></tr><tr><td>cp: conexión cámara primario</td><td>*GAS/M</td><td>1”</td><td>1”</td><td>1”</td><td>1”</td><td>1”</td><td>1”</td><td>1”</td><td>1”</td><td>1”</td></tr><tr><td>R: conexión resistencia principal</td><td>*GAS/M</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td></tr><tr><td>Ra: conexión resistencia de apoyo</td><td>*GAS/M</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td></tr><tr><td>tm: termómetro A.C.S.</td><td>*GAS/H</td><td>3/4</td><td>3/4</td><td>3/4</td><td>3/4</td><td>3/4</td><td>3/4</td><td>3/4</td><td>3/4</td><td>3/4</td></tr><tr><td>ts: termostato de regulación y seguridad A.C.S.</td><td>*GAS/H</td><td>3/4</td><td>3/4</td><td>3/4</td><td>3/4</td><td>3/4</td><td>3/4</td><td>3/4</td><td>3/4</td><td>3/4</td></tr><tr><td>tmp: termostato de regulación y seguridad primario</td><td>*GAS/H</td><td>3/4</td><td>3/4</td><td>3/4</td><td>3/4</td><td>3/4</td><td>3/4</td><td>3/4</td><td>3/4</td><td>3/4</td></tr><tr><td>pc: conexión protección catódica</td><td>*GAS/H</td><td>3/4</td><td>3/4</td><td>3/4</td><td>3/4</td><td>3/4</td><td>3/4</td><td>3/4</td><td>3/4</td><td>3/4</td></tr><tr><td>Nº de ánodos Lapesa protección catódica</td><td>unid.</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr></table>			Kw/e: entrada agua fría/vaciado	*GAS/M	2	2	2	2	3	3	3	3	3	ww: salida A.C.S.	*GAS/M	2	2	2	2	3	3	3	3	3	z: recirculación	*GAS/M	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	kv: entrada circuito calentamiento	*GAS/M	2	2	2	2	2	2	2	2	2	kr: retorno circuito calentamiento	*GAS/M	2	2	2	2	2	2	2	2	2	cp: conexión cámara primario	*GAS/M	1”	1”	1”	1”	1”	1”	1”	1”	1”	R: conexión resistencia principal	*GAS/M	2	2	2	2	2	2	2	2	2	Ra: conexión resistencia de apoyo	*GAS/M	2	2	2	2	2	2	2	2	2	tm: termómetro A.C.S.	*GAS/H	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	ts: termostato de regulación y seguridad A.C.S.	*GAS/H	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	tmp: termostato de regulación y seguridad primario	*GAS/H	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	pc: conexión protección catódica	*GAS/H	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	Nº de ánodos Lapesa protección catódica	unid.	1	1	1	2	2	2	3	3	3
Kw/e: entrada agua fría/vaciado	*GAS/M	2	2	2	2	3	3	3	3	3																																																																																																																																							
ww: salida A.C.S.	*GAS/M	2	2	2	2	3	3	3	3	3																																																																																																																																							
z: recirculación	*GAS/M	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2																																																																																																																																							
kv: entrada circuito calentamiento	*GAS/M	2	2	2	2	2	2	2	2	2																																																																																																																																							
kr: retorno circuito calentamiento	*GAS/M	2	2	2	2	2	2	2	2	2																																																																																																																																							
cp: conexión cámara primario	*GAS/M	1”	1”	1”	1”	1”	1”	1”	1”	1”																																																																																																																																							
R: conexión resistencia principal	*GAS/M	2	2	2	2	2	2	2	2	2																																																																																																																																							
Ra: conexión resistencia de apoyo	*GAS/M	2	2	2	2	2	2	2	2	2																																																																																																																																							
tm: termómetro A.C.S.	*GAS/H	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4																																																																																																																																							
ts: termostato de regulación y seguridad A.C.S.	*GAS/H	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4																																																																																																																																							
tmp: termostato de regulación y seguridad primario	*GAS/H	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4																																																																																																																																							
pc: conexión protección catódica	*GAS/H	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4																																																																																																																																							
Nº de ánodos Lapesa protección catódica	unid.	1	1	1	2	2	2	3	3	3																																																																																																																																							
<table><tr><td colspan="11">Superficie de intercambio (serpentes)</td></tr><tr><td>Modelos "EB":</td><td>m²</td><td colspan="9">s/potencia instalada (VER TABLA 1)</td></tr><tr><td>Modelos "ESB":</td><td>m²</td><td>1,6</td><td>1,8</td><td>3,0</td><td>3,6</td><td>5,8</td><td>5,3</td><td>6,9</td><td>7,0</td><td>8,7</td></tr><tr><td>Modelos "ESSB"</td><td>m²</td><td>2,3</td><td>2,7</td><td>3,8</td><td>4,5</td><td>5,8</td><td>6,1</td><td>6,9</td><td>7,8</td><td>10,5</td></tr><tr><td colspan="11">Superficie total de intercambio (serpentes + cámara primario)</td></tr><tr><td>Modelos "ESB":</td><td>m²</td><td>2,68</td><td>2,88</td><td>5,04</td><td>5,64</td><td>9,13</td><td>8,63</td><td>10,23</td><td>11,63</td><td>13,33</td></tr><tr><td>Modelos "ESSB"</td><td>m²</td><td>3,38</td><td>3,78</td><td>5,84</td><td>6,54</td><td>9,13</td><td>9,43</td><td>10,23</td><td>12,43</td><td>15,13</td></tr></table>			Superficie de intercambio (serpentes)											Modelos "EB":	m²	s/potencia instalada (VER TABLA 1)									Modelos "ESB":	m²	1,6	1,8	3,0	3,6	5,8	5,3	6,9	7,0	8,7	Modelos "ESSB"	m²	2,3	2,7	3,8	4,5	5,8	6,1	6,9	7,8	10,5	Superficie total de intercambio (serpentes + cámara primario)											Modelos "ESB":	m²	2,68	2,88	5,04	5,64	9,13	8,63	10,23	11,63	13,33	Modelos "ESSB"	m²	3,38	3,78	5,84	6,54	9,13	9,43	10,23	12,43	15,13																																																																		
Superficie de intercambio (serpentes)																																																																																																																																																	
Modelos "EB":	m²	s/potencia instalada (VER TABLA 1)																																																																																																																																															
Modelos "ESB":	m²	1,6	1,8	3,0	3,6	5,8	5,3	6,9	7,0	8,7																																																																																																																																							
Modelos "ESSB"	m²	2,3	2,7	3,8	4,5	5,8	6,1	6,9	7,8	10,5																																																																																																																																							
Superficie total de intercambio (serpentes + cámara primario)																																																																																																																																																	
Modelos "ESB":	m²	2,68	2,88	5,04	5,64	9,13	8,63	10,23	11,63	13,33																																																																																																																																							
Modelos "ESSB"	m²	3,38	3,78	5,84	6,54	9,13	9,43	10,23	12,43	15,13																																																																																																																																							
<p>* Temperatura máxima para modelos "EB" con revestimiento epoxídico. Para modelos fabricados en acero inoxidable, la temperatura máxima es 110° C. (1) En ACERO INOXIDABLE, modelos MXV-800 ... 5000.</p>																																																																																																																																																	

Tabla 4.15. Hoja de especificaciones del depósito de ACS.


Proyecto: Diseño de la instalación de calefacción y ACS, mediante energía solar térmica, en un polideportivo de Fraga.	Nombre: Conductos de cobre	Marca: NACOBRE																																							
	Código:	Modelo: M																																							
Función: Transportar el fluido de la instalación por todos los circuitos, haciéndolo llegar a todos los aparatos necesarios.																																									
Datos técnicos: Conductos de cobre de tipo M Tubería rígida Color de identificación: rojo Instalación: soldadura de estaño Longitud de tramo: 6,1 m	Esquema/Imagen: 																																								
Materiales de construcción: conductos de cobre.																																									
Dimensiones: <table><tr><th colspan="3">Diámetro</th></tr><tr><th>Nominal</th><th>Exterior</th><th>Milímetros</th></tr><tr><td>1/4</td><td>3/8</td><td>6</td></tr><tr><td>3/8</td><td>1/2</td><td>10</td></tr><tr><td>1/2</td><td>5/8</td><td>13</td></tr><tr><td>3/4</td><td>7/8</td><td>19</td></tr><tr><td>1</td><td>1 1/8</td><td>25</td></tr><tr><td>1 1/4</td><td>1 3/8</td><td>32</td></tr><tr><td>1 1/2</td><td>1 5/8</td><td>38</td></tr><tr><td>2</td><td>2 1/8</td><td>51</td></tr><tr><td>2 1/2</td><td>2 5/8</td><td>64</td></tr><tr><td>3</td><td>3 1/8</td><td>75</td></tr><tr><td>4</td><td>4 1/8</td><td>100</td></tr></table>			Diámetro			Nominal	Exterior	Milímetros	1/4	3/8	6	3/8	1/2	10	1/2	5/8	13	3/4	7/8	19	1	1 1/8	25	1 1/4	1 3/8	32	1 1/2	1 5/8	38	2	2 1/8	51	2 1/2	2 5/8	64	3	3 1/8	75	4	4 1/8	100
Diámetro																																									
Nominal	Exterior	Milímetros																																							
1/4	3/8	6																																							
3/8	1/2	10																																							
1/2	5/8	13																																							
3/4	7/8	19																																							
1	1 1/8	25																																							
1 1/4	1 3/8	32																																							
1 1/2	1 5/8	38																																							
2	2 1/8	51																																							
2 1/2	2 5/8	64																																							
3	3 1/8	75																																							
4	4 1/8	100																																							

Tabla 4.16. Hoja de especificaciones de los conductos de cobre.


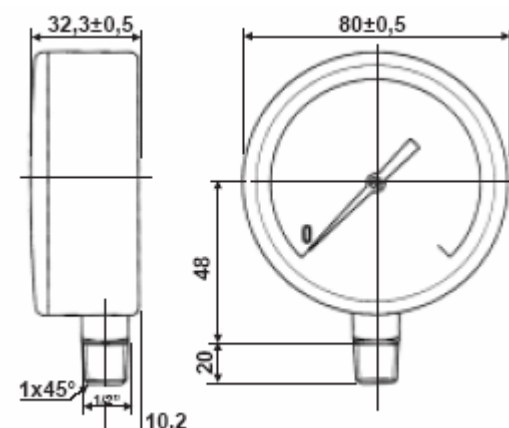
Proyecto: Diseño de la instalación de calefacción y ACS, mediante energía solar térmica, en un polideportivo de Fraga.	Nombre: Manómetro vertical.	Marca: Salvador Escoda
	Código: MN-01 a MN-15	Modelo: IM 30 503
Función: Medir la presión existente en diferentes puntos del sistema.		
Datos técnicos: Manómetro de aguja de conexión radial. Campo de medida: 0-400 kPa Precisión: $\pm 2,5\%$ Conexión: 1/2” Presión estática de servicio: 10-75% fondo escala Presión dinámica de servicio: 10-66% fondo escala Presión máxima: 75-100% fondo escala Temperatura ambiente de trabajo: -20 – 60 °C Temperatura del fluido de trabajo: -20 – 60°C Sobrepresión máxima: 125% fondo escala	Esquema/Imagen: 	
Materiales de construcción: caja de acero negro, esfera de aluminio blanco, aguja de aluminio negro, visor de policarbonato, elementos de medida de aleación de cobre y perno de conexión de aleación de cobre.		
Dimensiones: 		

Tabla 4.17. Hoja de especificaciones de los manómetros verticales.


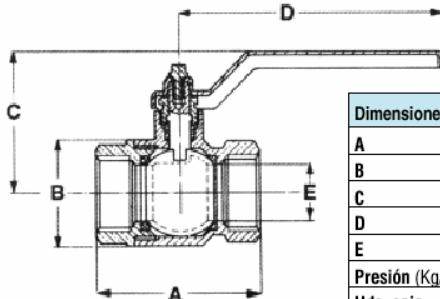
Proyecto: Diseño de la instalación de calefacción y ACS, mediante energía solar térmica, en un polideportivo de Fraga.	Nombre: Válvula de bola.	Marca: Salvador Escoda																																																																																																
	Código: VT-01 a VT-94	Modelo: 1", 1-1/4", 1-1/2"																																																																																																
Función: Interrumpir manualmente el paso del fluido en determinados puntos del circuito.																																																																																																		
Datos técnicos: Estanqueidad por anillos de teflón Giro de cierre-apertura: 90° Conexiones: variables Temperatura mínima: -15°C Temperatura máxima: 150 °C Ciclos cierre-apertura: 100.000	Esquema/Imagen: 																																																																																																	
Materiales de construcción: cuerpo de latón estampado OT-58 cromado, bola de latón cromado pulido, anillos de cierre de teflón (PTFE), eje de latón estampado y palanca de acero cincado y pintado.																																																																																																		
Dimensiones: 																																																																																																		
<table><tr><th>Dimensiones</th><th>1/4"</th><th>3/8"</th><th>1/2"</th><th>3/4"</th><th>1"</th><th>1-1/4"</th><th>1-1/2"</th><th>2"</th><th>2-1/2"</th><th>3"</th><th>4"</th></tr><tr><td>A</td><td>(mm) 44,4</td><td>44,4</td><td>48</td><td>53</td><td>66</td><td>80,5</td><td>94</td><td>112,5</td><td>134</td><td>156</td><td>190</td></tr><tr><td>B</td><td>(mm) 23,5</td><td>24</td><td>29</td><td>36</td><td>43</td><td>57</td><td>70</td><td>84</td><td>110</td><td>131</td><td>164</td></tr><tr><td>C</td><td>(mm) 37</td><td>37</td><td>39,5</td><td>54</td><td>57,5</td><td>74,5</td><td>80,5</td><td>96,5</td><td>117</td><td>129</td><td>143</td></tr><tr><td>D</td><td>(mm) 80</td><td>80</td><td>80</td><td>113</td><td>113</td><td>137,5</td><td>137,5</td><td>157</td><td>197</td><td>250</td><td>250</td></tr><tr><td>E</td><td>(mm) 10</td><td>10</td><td>14</td><td>18,5</td><td>23,5</td><td>32</td><td>40</td><td>50</td><td>65</td><td>80</td><td>100</td></tr><tr><td>Presión (Kg/cm²)</td><td>50</td><td>50</td><td>30</td><td>30</td><td>30</td><td>30</td><td>30</td><td>25</td><td>18</td><td>16</td><td>14</td></tr><tr><td>Uds. caja</td><td>12</td><td>12</td><td>15</td><td>8</td><td>8</td><td>4</td><td>2</td><td>2</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr></table>			Dimensiones	1/4"	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1-1/4"	1-1/2"	2"	2-1/2"	3"	4"	A	(mm) 44,4	44,4	48	53	66	80,5	94	112,5	134	156	190	B	(mm) 23,5	24	29	36	43	57	70	84	110	131	164	C	(mm) 37	37	39,5	54	57,5	74,5	80,5	96,5	117	129	143	D	(mm) 80	80	80	113	113	137,5	137,5	157	197	250	250	E	(mm) 10	10	14	18,5	23,5	32	40	50	65	80	100	Presión (Kg/cm²)	50	50	30	30	30	30	30	25	18	16	14	Uds. caja	12	12	15	8	8	4	2	2	1	1	1
Dimensiones	1/4"	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1-1/4"	1-1/2"	2"	2-1/2"	3"	4"																																																																																							
A	(mm) 44,4	44,4	48	53	66	80,5	94	112,5	134	156	190																																																																																							
B	(mm) 23,5	24	29	36	43	57	70	84	110	131	164																																																																																							
C	(mm) 37	37	39,5	54	57,5	74,5	80,5	96,5	117	129	143																																																																																							
D	(mm) 80	80	80	113	113	137,5	137,5	157	197	250	250																																																																																							
E	(mm) 10	10	14	18,5	23,5	32	40	50	65	80	100																																																																																							
Presión (Kg/cm²)	50	50	30	30	30	30	30	25	18	16	14																																																																																							
Uds. caja	12	12	15	8	8	4	2	2	1	1	1																																																																																							

Tabla 4.18. Hoja de especificaciones de las válvulas de bola.


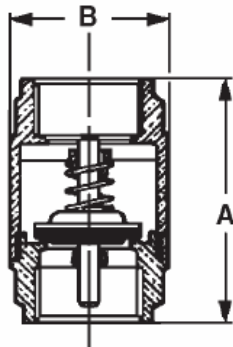
Proyecto: Diseño de la instalación de calefacción y ACS, mediante energía solar térmica, en un polideportivo de Fraga.	Nombre: Válvula de retención.	Marca: EUROPA																																			
	Código: VA-01 a VA-16	Modelo: 1-1/4", 1-1/2"																																			
Función: Garantizar el sentido de circulación del fluido por los circuitos hidráulicos.																																					
Datos técnicos: Temperatura de traba: -20 a 100 °C Presión máxima: ver tabla Posición trabajo: cualquiera.	Esquema/Imagen: 																																				
Materiales de construcción: cuerpo de latón estampado, embolo de acero inoxidable AISI-304 y molde de acero inoxidable 18/8.																																					
Dimensiones: 																																					
<table><tr><th>Rosca</th><th>3/8"</th><th>1/2"</th><th>3/4"</th><th>1"</th><th>1-1/4"</th><th>1-1/2"</th></tr><tr><td>A (mm)</td><td>54</td><td>57</td><td>64</td><td>75</td><td>82</td><td>93</td></tr><tr><td>B (mm)</td><td>34,5</td><td>34,5</td><td>41,5</td><td>48</td><td>60,5</td><td>71</td></tr><tr><td>Presión máxima (Kg/cm²)</td><td>25</td><td>25</td><td>25</td><td>25</td><td>18</td><td>18</td></tr><tr><td>Embalaje (uds./caja)</td><td>10</td><td>10</td><td>8</td><td>6</td><td>4</td><td>4</td></tr></table>			Rosca	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1-1/4"	1-1/2"	A (mm)	54	57	64	75	82	93	B (mm)	34,5	34,5	41,5	48	60,5	71	Presión máxima (Kg/cm²)	25	25	25	25	18	18	Embalaje (uds./caja)	10	10	8	6	4	4
Rosca	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1-1/4"	1-1/2"																															
A (mm)	54	57	64	75	82	93																															
B (mm)	34,5	34,5	41,5	48	60,5	71																															
Presión máxima (Kg/cm²)	25	25	25	25	18	18																															
Embalaje (uds./caja)	10	10	8	6	4	4																															

Tabla 4.19. Hoja de especificaciones de las válvulas de retención.


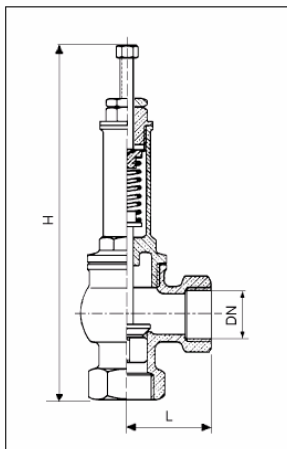
Proyecto: Diseño de la instalación de calefacción y ACS, mediante energía solar térmica, en un polideportivo de Fraga.	Nombre: Válvula de seguridad regulable.	Marca: Salvador Escoda																																								
	Código: VS-01 a VS-5	Modelo: 1-1/4", 1-1/2"																																								
Función: Evitar que la presión de circuito llegue a un valor peligroso para los elementos de la instalación, evacuando el fluido circulante cuando se de este caso.																																										
Datos técnicos: Temperatura máxima: 150 °C Presión de trabajo: 16 bar Campo de regulación: 2 a 8 bar	Esquema/Imagen: 																																									
Materiales de construcción: cuerpo y campana de latón OT-58 - UNI 2012, obturador de teflón, muelle de acero tratado y tornillo de regulación y contratuerca de latón.																																										
Dimensiones: <div><div>DIMENSIONES EN mm </div><table><thead><tr><th>Código</th><th>Rosca (DN)</th><th>H</th><th>L</th><th>Ø Orificio</th></tr></thead><tbody><tr><td>AA 11 121</td><td>3/8"</td><td>116</td><td>45</td><td>10</td></tr><tr><td>AA 11 122</td><td>1/2"</td><td>126</td><td>45</td><td>13</td></tr><tr><td>AA 11 123</td><td>3/4"</td><td>145</td><td>56</td><td>19</td></tr><tr><td>AA 11 124</td><td>1"</td><td>157</td><td>63</td><td>25</td></tr><tr><td>AA 11 125</td><td>1 1/4"</td><td>189</td><td>78</td><td>31,5</td></tr><tr><td>AA 11 126</td><td>1 1/2"</td><td>210</td><td>87</td><td>38</td></tr><tr><td>AA 11 127</td><td>2"</td><td>224</td><td>92</td><td>48,3</td></tr></tbody></table></div>			Código	Rosca (DN)	H	L	Ø Orificio	AA 11 121	3/8"	116	45	10	AA 11 122	1/2"	126	45	13	AA 11 123	3/4"	145	56	19	AA 11 124	1"	157	63	25	AA 11 125	1 1/4"	189	78	31,5	AA 11 126	1 1/2"	210	87	38	AA 11 127	2"	224	92	48,3
Código	Rosca (DN)	H	L	Ø Orificio																																						
AA 11 121	3/8"	116	45	10																																						
AA 11 122	1/2"	126	45	13																																						
AA 11 123	3/4"	145	56	19																																						
AA 11 124	1"	157	63	25																																						
AA 11 125	1 1/4"	189	78	31,5																																						
AA 11 126	1 1/2"	210	87	38																																						
AA 11 127	2"	224	92	48,3																																						

Tabla 4.20. Hoja de especificaciones de las válvulas de seguridad regulables.

Proyecto: Diseño de la instalación de calefacción y ACS, mediante energía solar térmica, en un polideportivo de Fraga.	Nombre: Válvula reductora de presión.	Marca: RINOX
	Código: VR-01	Modelo: 1-1/4", 1-1/2"

Función: Reducir la presión del agua de red hasta unos valores adecuados para el sistema de ACS.																																																																																			
Datos técnicos: Temperatura máxima: 70 °C Presión de entrada: hasta 15 bar Presión de salida: 0,5 a 4 bar	**Esquema/Imagen:**																																																																																		
Materiales de construcción: cuerpo de latón estampado niquelado, muelle de acero zincado, asiento de acero inoxidable AISI 304, junta en etileno-propileno EP 851, obturador en goma nitrílica, toma manómetro de 1/4" con tapón.																																																																																			
Dimensiones:																																																																																			
	DIMENSIONES									---------------	------	------	------	------	--------	--------	-----		ØR	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1-1/4"	1-1/2"	2"		A	60	60	60	86	91	91	91		B	46,5	46,5	46,5	60	60	60	60		C	39	39	39	52,5	58	58	58		D	69	69	69	96,5	102	102	102		E	108	108	108	149	160	160	160		Presión (bar)	15	15	15	15	15	15	15			

Tabla 4.21. Hoja de especificaciones de las válvulas reductoras de presión.


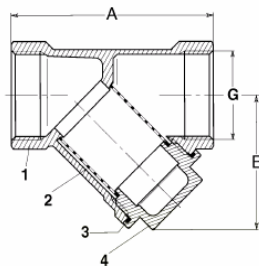
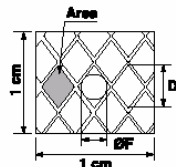
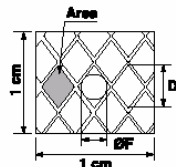
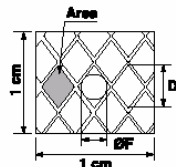
Proyecto: Diseño de la instalación de calefacción y ACS, mediante energía solar térmica, en un polideportivo de Fraga.	Nombre: Filtro de partículas sólidas	Marca: Salvador Escoda																																																											
	Código: FT-01 y FT-03	Modelo: 1-1/4", 1-1/2"																																																											
Función: Retener las partículas sólidas en la aspiración de las bombas de circulación y en la entrada del agua de red para garantizar el buen funcionamiento de al instalación.																																																													
Datos técnicos: Temperatura máxima: 110 °C Presión máxima: ver tabla Conexión: rosca hembra BSP Perforación: 0,4 y 0,5 mm	Esquema/Imagen: 																																																												
Materiales de construcción: cuerpo de latón OT 58, tamiz de acero inoxidable AISI-304, junta de tapa NBR y tapa de latón OT-58.																																																													
Dimensiones:  <table><tr><th colspan="11">DIMENSIONES Y PRESIONES</th></tr><tr><th>G</th><th>3/8"</th><th>1/2"</th><th>3/4"</th><th>1"</th><th>1-1/4"</th><th>1-1/2"</th><th>2"</th><th>2-1/2"</th><th>3"</th><th>4"</th></tr><tr><td>B (mm)</td><td>40</td><td>40</td><td>48</td><td>56</td><td>64</td><td>73</td><td>89</td><td>107</td><td>120</td><td>173</td></tr><tr><td>A (mm)</td><td>55</td><td>68</td><td>70</td><td>87</td><td>96</td><td>106</td><td>126</td><td>186</td><td>174</td><td>216</td></tr><tr><td>Presión (bar)</td><td>16</td><td>16</td><td>16</td><td>16</td><td>16</td><td>16</td><td>16</td><td>14</td><td>12</td><td>12</td></tr></table> <table><tr><th colspan="2">PERFORACIÓN TAMIZ</th></tr><tr><td></td><td>ÁREA: 0,25 mm² D: 1 mm ØF: 0.5 mm</td></tr></table>			DIMENSIONES Y PRESIONES											G	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1-1/4"	1-1/2"	2"	2-1/2"	3"	4"	B (mm)	40	40	48	56	64	73	89	107	120	173	A (mm)	55	68	70	87	96	106	126	186	174	216	Presión (bar)	16	16	16	16	16	16	16	14	12	12	PERFORACIÓN TAMIZ			ÁREA: 0,25 mm² D: 1 mm ØF: 0.5 mm
DIMENSIONES Y PRESIONES																																																													
G	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1-1/4"	1-1/2"	2"	2-1/2"	3"	4"																																																			
B (mm)	40	40	48	56	64	73	89	107	120	173																																																			
A (mm)	55	68	70	87	96	106	126	186	174	216																																																			
Presión (bar)	16	16	16	16	16	16	16	14	12	12																																																			
PERFORACIÓN TAMIZ																																																													
	ÁREA: 0,25 mm² D: 1 mm ØF: 0.5 mm																																																												

Tabla 4.22. Hoja de especificaciones de los filtros de partículas sólidas.


Proyecto: Diseño de la instalación de calefacción y ACS, mediante energía solar térmica, en un polideportivo de Fraga.	Nombre: Aislamiento de conductos.	Marca: Isocell
	Código:	
Función: Aislar térmicamente los conductos de la instalación.		
Datos técnicos: Temperatura de utilización: -45°C a 105 °C Coeficiente conductividad térmica: A 0°C: 0,034 W/m.°C A 10°C: 0,036 W/m.°C A 40°C: 0,039 W/m.°C Resistencia al fuego clase 1: M1-23727 / UNE Resistencia al ozono: excelente Resistencia a los agentes atmosféricos: excelente Resistencia a los hongos: excelente	Esquema/Imagen: 	
Materiales de construcción: elastómero estruido de célula cerrada nitril – PVC.		

Tabla 4.23. Hoja de especificaciones del aislante térmico Isocell para los conductos.

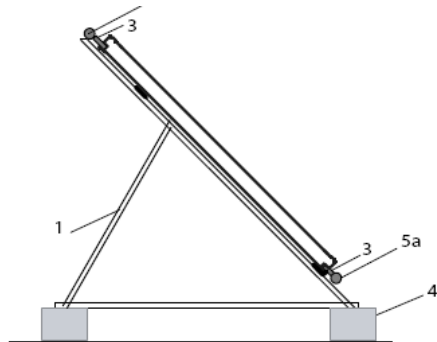
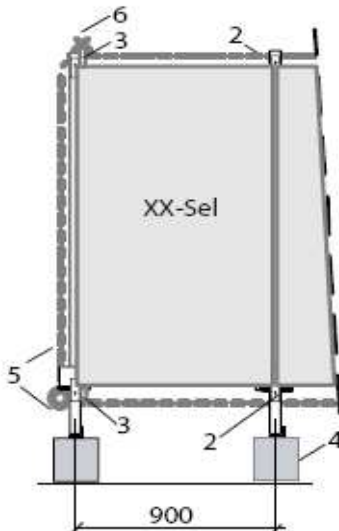
Proyecto: Diseño de la instalación de calefacción y ACS, mediante energía solar térmica, en un polideportivo de Fraga.	Nombre: Estructura soporte para 1 colector solar	Marca: SWISS
	Código:	Modelo:
Función: Mantener la inclinación adecuada de los colectores sobre la estructura metálica.		
Datos técnicos: Regulación desde 25° a 65° Perfil en T Uniones mediante placas de fijación, tuercas y arandelas.	Esquema/Imagen: 	
Materiales de construcción: Perfiles, tuercas y arandelas de acero inoxidable.		
Vista detalle de la colocación del soporte: <i>Vista de frente, detalle:</i> 		
<div>Leyenda 1: soporte metálico 2: placa de fijación de colectores 3: flexible de conexión de acero inoxidable (2x 1/2" hembra) 4: lastre de hormigón (con estera de protección) 5: tubería de conexión (5a: fluido frío (entrada); 5b: fluido caliente (salida)) 6: purgador</div>		

Tabla 4.24. Hoja de especificaciones de las estructuras de soporte para los colectores solares.



5. ESTADO DE MEDICIONES



ÍNDICE DEL ESTADO DE MEDICIONES

5. ESTADO DE MEDICIONES	324
ÍNDICE DEL ESTADO DE MEDICIONES	325
5.1. RELACION DE PARTIDAS.	326
5.2. ESTADO DE MEDICIONES POR PARTIDAS.	327
5.2.1. Mediciones de la partida 1: Energía solar.	327
5.2.2. Mediciones de la partida 2: ACS.	329
5.2.3. Mediciones de la partida 3: caldera de gas-oil.....	330
5.2.4. Mediciones de la partida 4: calefacción.	331



5.1. RELACION DE PARTIDAS.

La relación de partidas en la que se ha dividido el estado de mediciones y el presupuesto se corresponde con la agrupación de elementos que se ha hecho en la memoria y en los planos.

Este agrupamiento se basa en una agrupación por zonas:

- Partida 1; energía solar (corresponde a la zona 1).
- Partida 2; ACS (corresponde a la zona 2).
- Partida 3; caldera de gas-oil (corresponde a la zona 3).
- Partida 4; calefacción (corresponde a la zona 4).



5.2. ESTADO DE MEDICIONES POR PARTIDAS.

5.2.1. Mediciones de la partida 1: Energía solar.

Concepto	Unidad	Cantidad
Colector Solar SWISS XX-SEL	un.	81
Tapon cobre SALVADOR ESCODA, 1/2"	un.	162
Anticongelante propilenglicol STIEBEL ELTRON H-30 LS, 20 litros	L	345
Conductos cobre NACOBRE 2-1/2", de 6,1 m	m	17
Conductos cobre NACOBRE 1-1/4", de 6,1 m	m	44
Abrazadera SALVADOR ESCODA, 2-1/2"	un.	101
Abrazadera SALVADOR ESCODA, 1-1/4"	un.	265
Reducción de sección SALVADOR ESCODA, 1-1/4" a 2-1/2"	un.	18
Codo de 90° SALVADOR ESCODA, 2-1/2"	un.	8
Codo de 90° SALVADOR ESCODA, 1-1/4"	un.	189
T de SALVADOR ESCODA, 2-1/2"	un.	18
T de SALVADOR ESCODA, 1-1/4"	un.	81
Aislamiento ISOCELL 42x19, de 2 m	m	265
Aislamiento ISOCELL 79x9 + 89x19, de 2 m	m	101
Cinta adhesiva aislante ISOCELL de 10 m.	un.	2
Bomba centrífuga ROCA, modelo SC-80-H	un.	2
Filtro Latón SALVADOR ESCODA, 2-1/2"	un.	2
Centralita de regulación solar RESOL DeltaSol M	un.	1
Sonda de temperatura RESOL, T28	un.	1
Electroválvula de tres vías SALVADOR ESCODA SF 25	un.	1
Válvula de bola SALVADOR ESCODA, 2-1/2"	un.	17
Válvula de bola de SALVADOR ESCODA, 1-1/4"	un.	10
Purgador automático VOSS, Purg-O-Mat 150 3/8"	un.	10
Manómetro vertical SALVADOR ESCODA, 4 bar, 1/2"	un.	12



Concepto	Unidad	Cantidad
Válvula equilibrado TOUR&ANDERSON, 1-1/4"	un.	9
Válvula de retención EUROPA, 2-1/2"	un.	10
Vaso de expansión ROCA, Vasoflex 80	un.	1
Sensor irradiación solar RESOL, CS10	un.	1
Válvula de seguridad regulable SALVADOR ESCODA, 2-1/2"	un.	1
Soporte colector SWISS	un.	81
Estructura acero S275 JR 60x60 cm, espesor 3 mm	un.	81
Ayudante de fontanero	h	125
Oficial 1º fontanero	h	125

**5.2.2. Mediciones de la partida 2: ACS.**

Concepto	Unidad	Cantidad
Acumulador ACS LAPESA, MV-2500	un.	1
Válvula de bola SALVADOR ESCODA, 1-1/4"	un.	3
Válvula de retención EUROPA, 1-1/4"	un.	2
Válvula de retención EUROPA, 1"	un.	1
Válvula de seguridad regulable SALVADOR ESCODA, 1-1/4"	un.	1
Válvula reductora de presión RINOX, 1-1/4"	un.	1
Sonda temperatura envainada RESOL, FKP150	un.	1
Filtro de latón SALVADOR ESCODA, 1-1/4"	un.	1
Conducto de cobre NACOBRE 1-1/4", de 6,1 m	m	1
Conducto de cobre NACOBRE 1", de 6,1 m	m	1
Manómetro vertical SALVADOR ESCODA, 4 bar, 1/2"	un.	1
Ayudante fontanero	h	5
Oficial 1º fontanero	h	5

**5.2.3. Mediciones de la partida 3: caldera de gas-oil.**

Concepto	Unidad	Cantidad
Caldera de gasoil LIDIA, modelo 40	un.	1
Conducto cobre NACOBRE 2", de 6,1 m	m	3
Abrazadera SALVADOR ESCODA, 2"	un.	15
Codo de 90 de SALVADOR ESCODA, 2"	un.	16
T de SALVADOR ESCODA, 2"	un.	12
Válvula de bola SALVADOR ESCODA, 2"	un.	2
Aislamiento ISOCELL 60x19, (caja de 26 m)	m	15
Cinta adhesiva aislante ISOCELL de 10 m.	un.	1
Ayudante fontanero	h	6
Oficial 1º fontanero	h	6



5.2.4. Mediciones de la partida 4: calefacción.

Concepto	Unidad	Cantidad
Depósito Inercia LAPESA, MV-4000-I	un.	3
Válvula de seguridad regulable SALVADOR ESCODA, 2"	un.	3
Purgador automático VOSS, Purg-O-Mat 150, 3/8"	un.	8
Sonda temperatura envainada RESOL, FKP150	un.	3
Bomba centrífuga marca ROCA, PC 1045	un.	1
Válvula de bola SALVADOR ESCODA, 2"	un.	12
Válvula de retención EUROPA, 2"	un.	4
Filtro latón SALVADOR ESCODA, 2"	un.	1
Manómetro vertical SALVADOR ESCODA, 4 bar, 1/2"	un.	1
Válvula de bola SALVADOR ESCODA, 1-1/4"	un.	58
Válvula equilibrado TOUR&ANDERSON, 1-1/4"	un.	29
Aerotermo marca Juncker, modelo X 142	un.	29
Conducto cobre NACOBRE 2", de 6,1 m	m	3
Conducto cobre NACOBRE 1-1/2", de 6,1 m	m	6
Conducto cobre NACOBRE 1-1/4", de 6,1 m	m	30
Codo de 90 SALVADOR ESCODA 2"	un.	33
T SALVADOR ESCODA 2"	un.	16
Codo de 90 SALVADOR ESCODA 1-1/2"	un.	14
T SALVADOR ESCODA 1-1/2"	un.	8
Codo de 90 SALVADOR ESCODA 1-1/4"	un.	58
T SALVADOR ESCODA 1-1/4"	un.	69
Codo de 45 SALVADOR ESCODA 1-1/4"	un.	10
Reducción de sección de SALVADOR ESCODA, 2" a 1-1/2"	un.	2
Reducción de sección de SALVADOR ESCODA, 1-1/2" a 1-1/4"	un.	2
Abrazadera SALVADOR ESCODA, 2"	un.	18



Concepto	Unidad	Cantidad
Abrazadera SALVADOR ESCODA, 1-1/2"	un.	30
Abrazadera SALVADOR ESCODA, 1-1/4"	un.	180
Aislamiento ISOCELL 42x19, (caja de 26 m)	m	180
Aislamiento ISOCELL 48x19, (caja 2 4 m)	m	35
Aislamiento ISOCELL 60x19 (caja 24 m)	m	17
Ayudante fontanero	h	72
Oficial 1º fontanero	h	72



6. PRESUPUESTO



INDICE DEL PRESUPUESTO

6. PRESUPUESTO.....	334
INDICE DEL PRESUPUESTO	335
6.1. PRECIOS UNITARIOS	336
6.1.1. Precios unitarios de la partida 1: Energía solar.....	336
6.1.2. Precios unitarios de la partida 2: ACS	338
6.1.3. Precios unitarios de la partida 3: caldera de gas-oil	339
6.1.4. Precios unitarios de la partida 4: calefacción.....	340
6.2. PRESUPUESTO POR PARTIDAS	342
6.2.1. Presupuesto de la partida 1: Energía solar.....	342
6.2.2. Presupuesto de la partida 2: ACS.....	344
6.2.3. Presupuesto de la partida 3: caldera de gas-oil	345
6.2.4. Presupuesto de la partida 4: calefacción	346
6.2.5. Resumen de los presupuestos por partidas.....	347
6.3. PRESUPUESTO GENERAL.....	347
6.4. SUBENCIONES.....	348
6.5. ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA.....	348
6.5.1. Periodo de retorno de la instalación.....	349



6.1. PRECIOS UNITARIOS

6.1.1. Precios unitarios de la partida 1: Energía solar.

Concepto	Unidad	€/und
Colector Solar SWISS XX-SEL	un.	538,00
Tapon cobre SALVADOR ESCODA, ½"	un.	0,58
Anticongelante propilenglicol STIEBEL ELTRON H-30 LS, 20 litros	L	88,00
Conductos cobre NACOBRE 2-1/2", de 6,1 m	m	93,40
Conductos cobre NACOBRE 1-1/4", de 6,1 m	m	51,60
Abrazadera SALVADOR ESCODA, 2-1/2"	un.	0,23
Abrazadera SALVADOR ESCODA, 1-1/4"	un.	0,18
Reducción de sección SALVADOR ESCODA, 1-1/4" a 2-1/2"	un.	16,26
Codo de 90° SALVADOR ESCODA, 2-1/2"	un.	17,40
Codo de 90° SALVADOR ESCODA, 1-1/4"	un.	0,88
T de SALVADOR ESCODA, 2-1/2"	un.	30,96
T de SALVADOR ESCODA, 1-1/4"	un.	10,62
Aislamiento ISOCELL 70x13, de 2 m	m	5,95
Aislamiento ISOCELL 89x19, de 2 m	m	15,88
Cinta adhesiva aislante ISOCELL de 10 m.	un.	16,00
Bomba centrífuga ROCA, modelo SC-80-H	un.	1.365,00
Filtro Latón SALVADOR ESCODA, 2-1/2"	un.	69,45
Centralita de regulación solar RESOL DeltaSol M	un.	461,30
Sonda de temperatura RESOL, T28	un.	41,14
Electroválvula de tres vías SALVADOR ESCODA SF 25	un.	17,20
Válvula de bola SALVADOR ESCODA, 2-1/2"	un.	58,27
Válvula de bola de SALVADOR ESCODA, 1-1/4"	un.	19,50
Purgador automático VOSS, Purg-O-Mat 150 3/8"	un.	31,32
Manómetro vertical SALVADOR ESCODA, 4 bar, ½"	un.	10,55



Concepto	Unidad	€/und
Válvula equilibrado TOUR&ANDERSON, 1-1/4"	un.	63,03
Válvula de retencioón EUROPA, 2-1/2"	un.	109,70
Vaso de expansión ROCA, Vasoflex 80	un.	156,00
Sensor irradiación solar RESOL, CS10	un.	63,81
Válvula de seguridad regulable SALVADOR ESCODA, 2-1/2"	un.	80,09
Soporte colector SWISS, un colector	un.	89,00
Estructura acero S275JR 60x60 cm, espesor 3 mm	un.	95,00
Ayudante de fontanero	h	15,00
Oficial 1º fontanero	h	18,00

**6.1.2. Precios unitarios de la partida 2: ACS**

Concepto	Unidad	€/und
Acumulador ACS LAPESA, MV-2500	un.	3.769,00
Válvula de bola SALVADOR ESCODA, 1-1/4"	un.	19,50
Válvula de retención EUROPA, 1-1/4"	un.	22,96
Válvula de retención EUROPA, 1"	un.	14,45
Válvula de seguridad regulable SALVADOR ESCODA, 1-1/4"	un.	58,46
Válvula reductora de presión RINOX, 1-1/4"	un.	72,16
Sonda temperatura envainada RESOL, FKP150	un.	26,34
Filtro de latón SALVADOR ESCODA, 1-1/4"	un.	19,22
Conducto de cobre NACOBRE 1-1/4", de 6,1 m	m	51,60
Conducto de cobre NACOBRE 1", de 6,1 m	m	29,65
Manómetro vertical SALVADOR ESCODA, 4 bar, 1/2"	un.	10,55
Ayudante fontanero	h	15,00
Oficial 1º fontanero	h	18,00

**6.1.3. Precios unitarios de la partida 3: caldera de gas-oil**

Concepto	Unidad	€/und
Caldera de gasoil LIDIA, modelo 40	un.	1.168,00
Conducto cobre NACOBRE 2", de 6,1 m	m	29,65
Abrazadera SALVADOR ESCODA, 2"	un.	0,18
Codo de 90 de SALVADOR ESCODA, 2"	un.	1,16
T de SALVADOR ESCODA, 2"	un.	4,20
Válvula de bola SALVADOR ESCODA, 2"	un.	11,51
Aislamiento ISOCELL 60x19, (caja de 26 m)	m	5,95
Cinta adhesiva aislante ISOCELL de 10 m.	un.	16,00
Ayudante fontanero	h	15,00
Oficial 1º fontanero	h	18,00



6.1.4. Precios unitarios de la partida 4: calefacción

Concepto	Unidad	€/und
Depósito Inercia LAPESA, MV-4000-I	un.	5.360,00
Válvula de seguridad regulable SALVADOR ESCODA, 2"	un.	58,46
Purgador automático VOSS, Purg-O-Mat 150, 3/8"	un.	31,32
Sonda temperatura envainada RESOL, FKP150	un.	26,34
Bomba centrífuga marca ROCA, PC 1045	un.	204,00
Reducción de sección de SALVADOR ESCODA, 2" a 1"	un.	7,78
Válvula de bola SALVADOR ESCODA, 2"	un.	45,64
Válvula de retención EUROPA, 2"	un.	47,97
Filtro latón SALVADOR ESCODA, 2"	un.	42,57
Manómetro vertical SALVADOR ESCODA, 4 bar, 1/2"	un.	10,55
Válvula de bola SALVADOR ESCODA, 1-1/4"	un.	19,50
Válvula equilibrado TOUR&ANDERSON, 1-1/4"	un.	63,81
Aerotermo marca JUNKER, modelo X 142	un.	258,61
Conducto cobre NACOBRE 2", de 6,1 m	un.	81,10
Conducto cobre NACOBRE 1-1/2", de 6,1 m	un.	67,80
Conducto cobre NACOBRE 1-1/4", de 6,1 m	un.	51,60
Codo de 90 SALVADOR ESCODA 2"	un.	9,22
T SALVADOR ESCODA 2"	un.	15,19
Codo de 90 SALVADOR ESCODA 1-1/2"	un.	5,04
T SALVADOR ESCODA 1-1/2"	un.	10,62
Codo de 90 SALVADOR ESCODA 1-1/4"	un.	2,98
T SALVADOR ESCODA 1-1/4"	un.	6,96
Codo de 45 SALVADOR ESCODA 1-1/4"	un.	3,74
Reducción de sección de SALVADOR ESCODA, 2" a 1-1/2"	un.	7,78
Reducción de sección de SALVADOR ESCODA, 1-1/2" a 1-1/4"	un.	4,88
Abrazadera SALVADOR ESCODA, 2"	un.	0,23



Concepto	Unidad	€/und
Abrazadera SALVADOR ESCODA, 1-1/2"	un.	0,18
Abrazadera SALVADOR ESCODA, 1-1/4"	un.	0,18
Aislamiento ISOCELL 42x19, (caja de 26 m)	un.	6,69
Aislamiento ISOCELL 48x19, (caja de 24 m)	un.	8,25
Aislamiento ISOCELL 60x19, (caja de 24 m)	un.	10,88
Ayudante fontanero	h	15,00
Oficial 1º fontanero	h	18,00



6.2. PRESUPUESTO POR PARTIDAS

6.2.1. Presupuesto de la partida 1: Energía solar.

Concepto	Unidad	€/und	Cantidad	Importe
Colector Solar SWISS XX-SEL	un.	538,00	81	43.578,00
Tapon cobre SALVADOR ESCODA, ½"	un.	0,58	162	93,96
Anticongelante propilenglicol STIEBEL ELTRON H-30 LS, litros	L	88,00	18	1.584,00
Conductos cobre NACOBRE 2-1/2", de 6,1 m	m	93,40	17	1.587,80
Conductos cobre NACOBRE 1-1/4", de 6,1 m	m	51,60	44	2.270,40
Abrazadera SALVADOR ESCODA, 2-1/2"	un.	0,23	101	23,23
Abrazadera SALVADOR ESCODA, 1-1/4"	un.	0,18	265	47,70
Reducción de sección SALVADOR ESCODA, 1-1/4" a 2-1/2"	un.	16,26	18	292,68
Codo de 90° SALVADOR ESCODA, 2-1/2"	un.	17,40	8	139,20
Codo de 90° SALVADOR ESCODA, 1-1/4"	un.	0,88	189	166,32
T de SALVADOR ESCODA, 2-1/2"	un.	30,96	18	557,28
T de SALVADOR ESCODA, 1-1/4"	un.	10,62	81	860,22
Aislamiento ISOCELL 70x13, de 2 m	m	5,95	265	1.576,75
Aislamiento ISOCELL 89x19, de 2 m	m	15,88	101	1.603,88
Cinta adhesiva aislante ISOCELL de 10 m.	un.	16,00	2	32,00
Bomba centrífuga ROCA, modelo SC-80-H	un.	1.365,00	2	2.730,00
Filtro Latón SALVADOR ESCODA, 2-1/2"	un.	69,45	2	138,90
Centralita de regulación solar RESOL DeltaSol M	un.	461,30	1	461,3
Sonda de temperatura RESOL, T28	un.	41,14	1	41,14
Electroválvula de tres vías SALVADOR ESCODA SF 25	un.	17,20	1	17,20
Válvula de bola SALVADOR ESCODA, 2-1/2"	un.	58,27	17	990,59
Válvula de bola de SALVADOR ESCODA, 1-1/4"	un.	19,50	10	195,00
Purgador automático VOSS, Purg-O-Mat 150 3/8"	un.	31,32	10	313,20
Manómetro vertical SALVADOR ESCODA, 4 bar, ½"	un.	10,55	12	126,60



Concepto	Unidad	€/und	Cantidad	Importe
Válvula equilibrado TOUR&ANDERSON, 1-1/4"	un.	63,03	9	567,27
Válvula de retencioón EUROPA, 2-1/2"	un.	109,70	10	1.097,00
Vaso de expansión ROCA, Vasoflex 80	un.	156,00	1	156,00
Sensor irradiación solar RESOL, CS10	un.	63,81	1	63,81
Válvula de seguridad regulable SALVADOR ESCODA, 2-1/2"	un.	80,09	1	80,09
Soporte colector SWISS, un colector	un.	89,00	81	7.209,00
Estructura acero S275JR 60x60 cm, espesor 3 mm	un.	95,00	81	7.695,00
Ayudante de fontanero	h	15,00	125	1.875,00
Oficial 1º fontanero	h	18,00	125	2.250,00

**6.2.2. Presupuesto de la partida 2: ACS**

Concepto	Unidad	€/und	Cantidad	Importe
Acumulador ACS LAPESA, MV-2500	un.	3.769,00	1	3.769,00
Válvula de bola SALVADOR ESCODA, 1-1/4"	un.	19,50	3	58,50
Válvula de retención EUROPA, 1-1/4"	un.	22,96	2	45,92
Válvula de retención EUROPA, 1"	un.	14,45	1	14,45
Válvula de seguridad regulable SALVADOR ESCODA, 1-1/4"	un.	58,46	1	58,46
Válvula reductora de presión RINOX, 1-1/4"	un.	72,16	1	72,16
Sonda temperatura envainada RESOL, FKP150	un.	26,34	1	26,34
Filtro de latón SALVADOR ESCODA, 1-1/4"	un.	19,22	1	19,22
Conducto de cobre NACOBRE 1-1/4", de 6,1 m	m	51,60	1	51,60
Conducto de cobre NACOBRE 1", de 6,1 m	m	29,65	1	29,65
Manómetro vertical SALVADOR ESCODA, 4 bar, 1/2"	un.	10,55	1	10,55
Ayudante fontanero	h	15,00	5	75,00
Oficial 1º fontanero	h	18,00	5	90,00

**6.2.3. Presupuesto de la partida 3: caldera de gas-oil**

Concepto	Unidad	€/und	Cantidad	Importe
Caldera de gasoil LIDIA, modelo 40	un.	1.168,00	1	1.168,00
Conducto cobre NACOBRE 2", de 6,1 m	m	29,65	3	88,95
Abrazadera SALVADOR ESCODA, 2"	un.	0,18	15	2,70
Codo de 90 de SALVADOR ESCODA, 2"	un.	1,16	16	18,56
T de SALVADOR ESCODA, 2"	un.	4,20	12	50,40
Válvula de bola SALVADOR ESCODA, 2"	un.	11,51	2	23,02
Aislamiento ISOCELL 60x19, (caja de 26 m)	m	5,95	15	89,25
Cinta adhesiva aislante ISOCELL de 10 m.	un.	16,00	1	16,00
Ayudante fontanero	h	15,00	6	90,00
Oficial 1º fontanero	h	18,00	6	108,00



6.2.4. Presupuesto de la partida 4: calefacción

Concepto	Unidad	€/und	Cantidad	Importe
Depósito Inercia LAPESA, MV-4000-I	un.	5.360,00	3	16.080,00
Válvula de seguridad regulable SALVADOR ESCODA, 2"	un.	58,46	3	175,38
Purgador automático VOSS, Purg-O-Mat 150, 3/8"	un.	31,32	8	250,56
Sonda temperatura envainada RESOL, FKP150	un.	26,34	3	79,02
Bomba centrífuga marca ROCA, PC 1045	un.	204,00	1	204,00
Válvula de bola SALVADOR ESCODA, 2"	un.	45,64	12	547,68
Válvula de retención EUROPA, 2"	un.	47,97	4	191,88
Filtro latón SALVADOR ESCODA, 2"	un.	42,57	1	42,57
Manómetro vertical SALVADOR ESCODA, 4 bar, 1/2"	un.	10,55	1	10,55
Válvula de bola SALVADOR ESCODA, 1-1/4"	un.	19,50	58	1.131,00
Válvula equilibrado TOUR&ANDERSON, 1-1/4"	un.	63,81	29	1850,49
Aerotermino marca JUNKER, modelo X 142	un.	258,61	29	7499,69
Conducto cobre NACOBRE 2", de 6,1 m	m	81,10	3	243,30
Conducto cobre NACOBRE 1-1/2", de 6,1 m	m	67,80	6	406,80
Conducto cobre NACOBRE 1-1/4", de 6,1 m	m	51,60	30	1.548,00
Codo de 90 SALVADOR ESCODA 2"	un.	9,22	33	304,26
T SALVADOR ESCODA 2"	un.	15,19	16	243,04
Codo de 90 SALVADOR ESCODA 1-1/2"	un.	5,04	14	70,56
T SALVADOR ESCODA 1-1/2"	un.	10,62	8	84,96
Codo de 90 SALVADOR ESCODA 1-1/4"	un.	2,98	58	172,84
T SALVADOR ESCODA 1-1/4"	un.	6,96	69	480,24
Codo de 45 SALVADOR ESCODA 1-1/4"	un.	3,74	10	37,40
Reducción de sección de SALVADOR ESCODA, 2" a 1-1/2"	un.	7,78	2	15,56
Reducción de sección de SALVADOR ESCODA, 1-1/2" a 1-1/4"	un.	4,88	2	9,76
Abrazadera SALVADOR ESCODA, 2"	un.	0,23	18	4,14



Concepto	Unidad	€/und	Cantidad	Importe
Abrazadera SALVADOR ESCODA, 1-1/2"	un.	0,18	30	5,40
Abrazadera SALVADOR ESCODA, 1-1/4"	un.	0,18	180	32,40
Aislamiento ISOCELL 42x19, (caja de 26 m)	m	6,69	180	1204,20
Aislamiento ISOCELL 48x19, (caja de 24 m)	m	8,25	35	288,75
Aislamiento ISOCELL 60x19, (caja de 24 m)	m	10,88	17	184,96
Ayudante fontanero	h	15,00	72	1.080,00
Oficial 1º fontanero	h	18,00	72	1.296,00

6.2.5. Resumen de los presupuestos por partidas.

Partida	Importe €
1. Energía solar	80.420,52
2. ACS	4.320,85
3. Caldera gasoil	1.654,88
4. Calefacción	35.792,59
TOTAL PARTIDAS	122.188,84

6.3. PRESUPUESTO GENERAL.

Total Partidas	122.188,84 €
Beneficio industrial 6%	7.331,33 €
Base imponible	129.520,17 €
16% IVA	20.723,22 €
TOTAL PRESUPUESTO	150.243,39 €

El presupuesto general de la instalación es de **CIENTO CINCUENTA MIL DOSCIENTAS CUARENTA Y TRES CON TRENTA Y NUEVE CENTIMOS.**



6.4. SUVENCIONES.

Según la Orden aprobada el 19 de septiembre de 2007 por el Gobierno de Aragón, por la cual se aprueban las bases reguladoras para subvencionar la instalación, en materia de ahorro, eficiencia energética y aprovechamiento de los recursos energéticos, de energía solar térmica proyectada.

La ayuda máxima que se establece para instalaciones solares es del 30% del presupuesto de la obra.

Por tanto, el presupuesto general del proyecto, teniendo en cuenta las subvenciones que otorga el Gobierno de Aragón, es de **105.170,38 €**.

6.5. ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA.

El objetivo de este estudio económico es determinar el periodo de retorno de la instalación solar, es decir, el número de años desde el inicio de la vida útil de la vivienda hasta que la inversión inicial de la instalación quede amortizada por el ahorro económico.

Las razones por las cuales se decide instalar un sistema de energía solar són:

- Conseguir autosuficiencia e independencia respecto a los suministros convencionales, lo que comporta una mayor comodidad.
- Contribuir a reducir la emisión de CO_2 a la atmósfera utilizando una energía limpia y no contaminante.
- Conseguir un ahorro económico utilizando una energía gratuita.
- Evitar el consumo de combustibles fósiles, conocedores de su naturaleza finita.
- Conseguir un ahorro económico al reducir el consumo de energía convencional, y a largo plazo, un beneficio económico al haber amortizado la instalación.



6.5.1. Periodo de retorno de la instalación.

El periodo de retorno del capital invertido es el tiempo que transcurre desde la realización de la inversión hasta que el ahorro producido lo amortiza. Este concepto permite determinar si la instalación proyectada produce algún ahorro en relación a los costes que supone su inversión y explotación.

Antes de realizar el estudio de viabilidad, hace falta definir la inversión real que se tiene en cuenta. En el presente proyecto, se tendrá en cuenta el importe presupuestado general de todas las partidas analizadas en el proyecto.

Para el estudio, se considera un coste de mantenimiento anual del 1,5% del valor material de la instalación sometida a mantenimiento y que va acreciendo con los años con la misma proporción que lo hace el coste de vida, definido por el índice de inflación. Este se considera de un 2%.

Para poder evaluar correctamente y poder comparar las cantidades que intervienen en el estudio, debe tenerse en cuenta que los costes variarán. Por eso se toma como referencia el valor del dinero en el momento de ejecutar la inversión, traduciendo todas las cantidades a lo largo de los diferentes años a su valor equivalente actualmente.

El beneficio neto que proporciona la instalación en unidades monetarias del primer año viene dado por la Ecuación 6.1.

$$B = A \sum_1^t \left(\frac{1+c}{1+e_d} \right)^t - M \sum_1^t \left(\frac{1+i}{1+e_d} \right)^t - C$$

Ec. 6.1.

Donde: A es el ahorro anual en coste de combustible según el precio de este en el primer año, €.

M es el coste del mantenimiento durante el primer año de vida de la instalación, €.

C es el coste de la inversión, €.

e_d es el interes del dinero (4%).

i es el valor de la inflación anual (2%).

c es el incremento de los precios de los combustible cada año.



t son el número de años.

El ahorro anual vendrá dado por la Ecuación 6.2.

$$A = A_{ACS} + A_{calefacción}$$

Ec. 6.2.

Donde: A_{ACS} es el ahorro de gasoil destinado a ACS.

$A_{calefacción}$ es el ahorro de gasoil destinado a calefacción.

Según el cálculo del apartado 2.1.6.5, la instalación solar aportará el 100% de la necesidad de ACS y aproximadamente el 40% del consumo de calefacción de cada mes. En la Figura 2.21 del apartado 2.1.6.5 se puede ver la energía que suministra la instalación de energía solar en cada mes del año, contando los 81 colectores conectados durante los meses de invierno y los 13 colectores conectados durante los meses de verano.

En la Tabla 6.1 se muestran los litros de gasoil con un PCI de 8.550 kCal/L (35.797,14 kJ/L), necesarios para satisfacer la demanda de energía que suministran los colectores en cada mes.

Mes	Energía suministrada MJ	Gasoil necesario en L.
Enero	224.253,68	6.264,57
Febrero	239.365,14	6.686,71
Marzo	188.567,88	5.267,68
Abril	137.726,67	3.847,42
Mayo	98.613,19	2.754,77
Junio	12.976,20	362,49
Julio	13.224,07	369,41
Agosto	16.669,34	465,66
Septiembre	22.272,97	622,19
Octubre	200.029,16	5.587,85
Noviembre	149.454,20	4.175,03
Diciembre	134.164,74	3.747,91

Tabla 6.1. Litros de gasoil necesarios para satisfacer la energía que suministran los colectores.



El ahorro que se consigue de gasoil mediante el sistema de energía solar térmica es de 40.151,69 litros. Con un precio del gasoil de 0,6721 €/litro, precio a enero de 2008, supone un ahorro de 26.985,95 €/año.

Los valores de los diferentes parámetros que se utilizan para calcular el periodo de retorno se pueden ver en la Tabla 6.2.

Parámetro	Valor considerado
C sin subvención	150.243,39 €
C con subvención	105.170,38 €
M	1,5% de C
A	26.958,95 €
e_d	0,04
i	0,02
c	0,02, 0,04 y 0,06

Tabla 6.2. Parámetros de cálculo del periodo de retorno.

El cálculo se ha realizado para dos inversiones diferentes; teniendo en cuenta las ayudas que se reciben por la instalación de energías solares y sin tener en cuenta estas ayudas. También se ha calculado el payback para tres diferentes incrementos anuales del precio de los combustibles. De esta manera se han calculado 6 periodos de retorno posibles, que corresponden a diferentes grados de previsión del escenario económico.

Durante los años en que el beneficio es negativo, el ahorro que produce la instalación solar no compensa la inversión. El valor de t por el cual el beneficio es cero, corresponde al tiempo de retorno de la instalación, y a partir de este año y hasta el final de la vida útil de la instalación, todo el ahorro producido se convierte en beneficio.

El principal factor que permite obtener una rentabilidad en una instalación solar es su durabilidad y funcionamiento eficaz durante muchos años. Se considera una vida útil de la instalación de 20 años.

Los resultados de los cálculos se muestran en la Tabla 6.3.

BENEFICIO NETO						
Subvención	NO	NO	NO	SI	SI	SI
Incremento	2%	4%	6%	2%	4%	6%
Año						
1	-125.986,71	-125.467,75	-124.948,79	-80.250,61	-79.731,65	-79.212,69
2	-102.196,51	-100.649,61	-99.082,75	-55.810,06	-54.263,16	-52.696,3
3	-78.863,81	-75.789,77	-72.635,9	-31.839,53	-28.765,49	-25.611,62
4	-55.979,82	-50.889,05	-45.598,68	-8.329,97	-3.239,2	2.051,16
5	-33.535,9	-25.948,23	-1.7961,32	14.727,49	22.315,15	30.302,06
6	-11.523,6	-968,08	10.286,18	37.341,53	47.897,04	59.151,31
7	10.065,39	24.050,64	39.154,06	59.520,69	73.505,94	88.609,36
8	31.239,21	49.107,19	68.652,75	81.273,33	99.141,31	118.686,86
9	52.005,84	74.200,85	98.792,93	10.2607,64	124.802,65	149.394,73
10	72.373,11	99.330,9	129.585,51	123.531,68	150.489,47	180.744,08
11	92.348,7	124.496,64	161.041,63	144.053,34	176.201,27	212.746,27
12	111.940,15	149.697,38	193.172,69	164.180,34	201.937,58	245.412,89
13	131.154,83	174.932,46	225.990,31	183.920,29	227.697,92	278.755,77
14	150.000,01	200.201,2	259.506,39	203.280,63	253.481,82	312.787,01
15	168.482,77	225.502,97	293.733,05	222.268,65	279.288,84	347.518,93
16	186.610,1	250.837,12	328.682,69	240.891,52	305.118,54	382.964,11
17	204.388,83	276.203,04	364.367,97	259.156,25	330.970,47	419.135,4
18	221.825,66	301.600,12	400.801,82	277.069,74	356.844,21	456.045,9
19	238.927,16	327.027,75	437.997,42	294.638,74	382.739,33	493.709,01
20	255.699,79	352.485,35	475.968,27	311.869,88	408.655,44	532.138,35

Tabla 6.3. Resultados de los cálculos del periodo de retorno de la instalación solar.

En la Figura 6.1 se ha intentado resumir y esquematizar los resultados de viabilidad obtenidos en la Tabla 6.3.

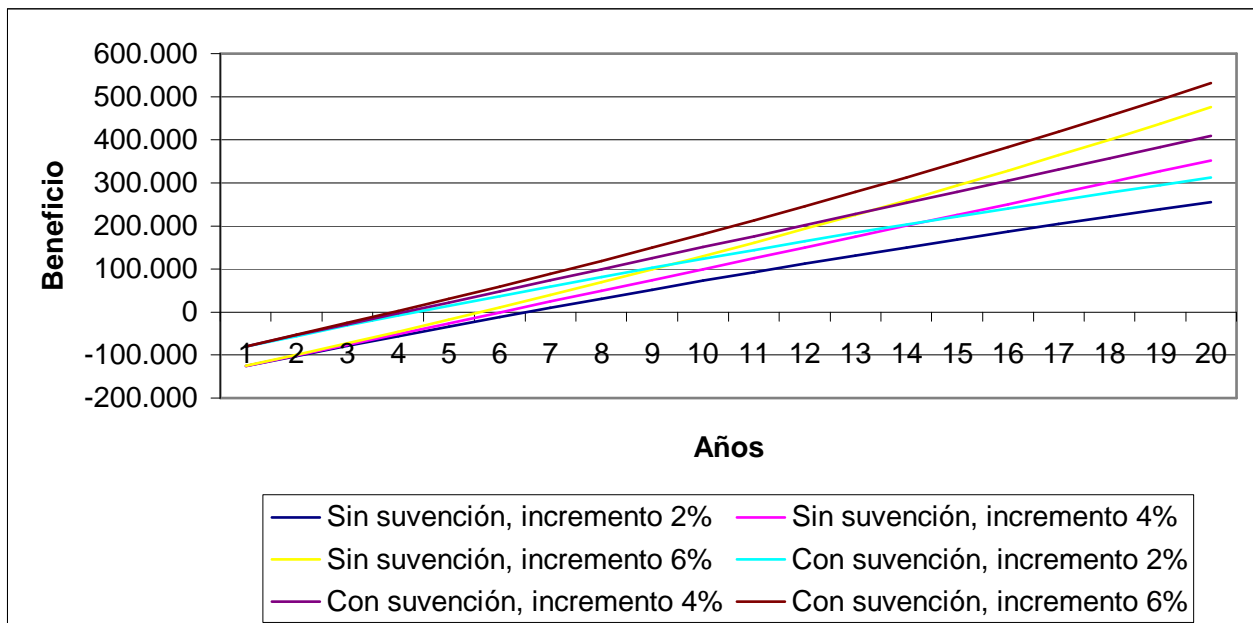


Figura 6.1. Resultados del periodo de retorno de la instalación con diferentes marcos económicos.

Se puede ver en la Figura 6.1 que la previsión más pesimista de las seis que se han realizado corresponde al caso en el que no haya subvención y que el crecimiento anual del combustible sea del 2%, obteniéndose beneficio a partir del séptimo año. En el caso más optimista, cuando si haya subvención y el incremento del precio del combustible sea del 6% anual, la instalación se amortiza a partir del cuarto año.

